Aus der Abteilung für Zahn- und Kieferersatz des zahnärztlichen Instituts der Universität München. Prof. Dr. Falck. Vorstand: Prof. Dr. Kranz

Ein Beitrag zur physikalischen Untersuchung warmplastischer Abdruckmassen und ihre praktische Auswertung

Inaugural-Dissertation

verfaßt und der

Hohen medizinischen Fakultät

der

Ludwig-Maximilians-Universität, München

zur

Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde

vorgelegt von

Hans Sigrist, Zahnarzt

aus Freudenstadt, Tannenstraße 31

Aus der Abteilung für Zahn- und Kieferersatz des zahnärztlichen Instituts der Universität München. Prof. Dr. Falck. Vorstand: Prof. Dr. Kranz

Ein Beitrag zur physikalischen Untersuchung warmplastischer Abdruckmassen und ihre praktische Auswertung

Inaugural-Dissertation

verfaßt und der

Hohen medizinischen Fakultät

der

Ludwig-Maximilians-Universität, München

zur

Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde

vorgelegt von

Hans Sigrist, Zahnarzt

aus Freudenstadt, Tannenstraße 31

1939

Druck: Oskar Kaupert, Buchdruckerei, Freudenstadt

Meinen Eltern

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Literatur-Verzeichnis

Falck: Einführung in die Werkstoffkunde für Zahnärzte.

Höltge: Ueber die sterilisierbare Abdruckmasse Deuro. D. Z. W. 1935, Nr. 31.

Jaffke: Vergleichende Untersuchungen über Struktur, Erweichungstemperatur und Plastizität von Abdruckmassen. Z. R. 1923, Seite 337.

Oehrlein: Ueber plastische Abdruckmassen. Z. R. 1923, Seite 221.

Schubert: Hilfsmaterialien und Werkstoffe der zahnärztlichen Prothetik im Lichte experimentell-physikalischer Untersuchungen. Ueber Materialien. D. Z. W. 1933. Seite 56.

Sommerfeld: Plastische Massen.

Süß: Prüfung von Abdruckmassen. Z. R. 1937. Seite 722.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554006_0024

Die Bedeutung der warmplastischen Abdruckmassen ist in den letzten Jahren mehr und mehr gestiegen. Ihr Anwendungsgebiet ist genauer umschrieben und erweitert worden. Es umschließt heute in der Hauptsache folgende Abdruckarten: 1. Funktionsabdrücke von unbezahnten Kiefern. 2. Abdrücke von Zahnkavitäten, bzw. präparierten Zähnen. 3. Abdrücke in Verbindung mit der Schlüsselstückmethode. 4. Okklusionsabdrücke für die Kronentechnik. 5. Situationsabdrücke von bezahnten Kiefern.

Zum Funktionsabdruck ist folgendes zu sagen: Das Problem über Entlastung und Belastung der verschiedenen Schleimhautpartien ist heute noch ungelöst. Fraglos ist ein Ersatz, der nach einem Abdruck unter Druck (Kompressionsabdruck) genommen wurde, funktionstüchtiger, weil seine Tragfläche mit höherem Druck zu belasten ist. Andererseits machen wir immer wieder die Beobachtung, daß Prothesen nach einem Gipsfunktionsabdruck oder Pastoblastabdruck, also in der Ruhestellung der Schleimhaut genommen, viel besser saugen, gerade bei den Leerbewegungen der Kiefer, wo ja meistens das Abklappen der Stücke stattfindet. Man kann also auch hier mit ebensolchem Recht von einer Verbesserung der Funktion durch Erhöhen der Saugfähigkeit im Ruhezustand sprechen. Die Vorzüge des Funktionsabdruckes und seine Indikation liegen nach unseren Erfahrungen nur dann vor, wenn ein fester Kieferkamm von einer straffen Schleimhaut überdeckt ist, weil hier sich durch die Einlagerung des Ventilrandes bei der warmplastischen Masse eine Saugfähigkeit durch Erzielung eines negativen Drucks erreichen läßt. Voraussetzung dazu ist aber, daß die Wärmeleitfähigkeit und die Zähigkeit der Masse groß genug sind, um ein Einlagern der Masse in die Schleimhaut zu ermöglichen. Hier zeigt sich schon, wie wichtig die physikalischen Untersuchungen für die exakte Ausführung solcher Abdrücke sind. — Abdrücke von Zahnkavitäten und von Zähnen, die für die Aufnahme eines Ersatzes präpariert sind (Jacketkrone), kommen am häufigsten bei Porzellanarbeiten in Anwendung. Dies ist von zunehmender Bedeutung für die hierfür verwendeten Massen,

da das Porzellan in der Zahnheilkunde, als einheimischer Werkstoff und mit der Weiterentwicklung der Verarbeitungsmethoden, heute immer mehr Verwendung findet. Außerdem wird noch beim Kupferringabdruck für die indirekte Gußfüllung von der plastischen Masse Gebrauch gemacht.

Das Gelingen eines guten Abdrucks hängt unter anderem auch, wie oben schon angedeutet, von den Eigenschaften der verwendeten Abdruckmasse ab. Eine große Rolle hierbei spielt die Plastizität und deren Verlauf bei Abkühlung und die Volumveränderung bei Abkühlung. Beim Funktionsabdruck muß die Masse eine gewisse Zähigkeit besitzen (vgl. oben!). Beim Abdruck von Zahnkavitäten ist es vorteilhaft, wenn die Masse weich ist, damit sie in alle Ecken, Kanten und Vertiefungen eindringt. Die Plastizität soll auch beim Abkühlen gleichmäßig und langsam abnehmen, da sonst z. B. der Fall eintreten kann, daß die Masse noch während des Abdrucknehmens einen Plastizitätsgrad erreicht, der die Genauigkeit beeinträchtigt. Der Erstarrungspunkt soll etwas über Mundtemperatur (35° C), der Grad der optimalsten Plastizität soll nicht zu hoch liegen (zwischen 50° und 55° C). Daß die Volumveränderung beim Abkühlen von großer Bedeutung ist, ist wohl ohne weiteres einzusehen. Dies gilt ganz besonders für Abdrücke von Zahnkavitäten, da es hier auf größte Genauigkeit ankommt. Die Formveränderung dabei geht in Richtung des geringsten Widerstandes und wirkt sich bei Abdrücken mit Abdrucklöffel im großen und ganzen in einer Vergrößerung der Form aus (siehe Abb. 1).

Kontraktionsrichtung der Abdruckmasse bei Abdruck mit Funktionslöffel.

Abb. 1.

Weiter ist die Abkühlungsgeschwindigkeit von Bedeutung. Sie darf nicht zu klein sein, da sonst die Erstarrung der Masse im Mund zu langsam vor sich geht. Sie darf aber auch nicht zu groß sein, sonst kann, wie bei ungleichmäßiger Abnahme der Plastizität, der Fall eintreten, daß die Plastizität vorzeitig einen für eine genaue Abformung ungünstigen Grad erreicht. Wichtig ist auch noch die Abdruckschärfe, die, wie später noch bewiesen werden soll, weit-

gehend von der Plastizität und der Struktur der Masse abhängig ist. Für die Saugfähigkeit eines Funktionsabdrucks ist auch die Glätte, die sich durch Erhitzen mit einer Spitzflamme (Kaplanlampe) erzielen läßt, von Belang. Die Adhäsionssaugfähigkeit steigt nämlich mit der Glätte der Oberfläche (Strack, Mehnert). In bezug auf die Verarbeitung ist es vorteilhaft, wenn die Masse nicht an den Fingern oder gar im Munde klebt.

A. Versuche

1. Art der Versuche und Messungen.

Zur Untersuchung gelangten folgende Massen:

Helios (Firma Dentaurum, Pforzheim)	H
Paribar (Firma De Trey, Berlin)	P
Xantygen E	XE
Xantygen F (Firma Bayer IG. Farben)	XF
Xantygen grün	XG

Der Einfachheit halber werden im Text diese Massen zum Teil nur mit ihren Anfangsbuchstaben aufgeführt. Um die physikalischen Eigenschaften der Massen bei verschiedener Bearbeitung zu ermitteln, wurden folgende Bearbeitungsformen untersucht:

1. Fabrikneue Masse ohne irgendwelche vorherige Bearbeitung M_1
2. Masse, die mehrmals (5mal) durchgeknetet wurde M_2
3. Masse, die über offener Flamme erhitzt wurde M_3
4. Masse, die überhitzt wurde (80° C) M_4
5. Masse, die 15 Minuten gekocht wurde M_5

1. bis 3. sind normale und gebräuchliche Bearbeitungsformen. 4. ist Ueberbeanspruchung und 5. ist wichtig im Hinblick auf die Desinfizierbarkeit. Der Einfachheit halber erscheint im Text oft nur der Buchstabe M mit verschiedenem Index. Beispiel: XFM_3 bedeutet: Masse Xantygen F, die über offener Flamme erhitzt wurde.

Für den Anwendungsbereich und die Verarbeitung der warmplastischen Abdruckmassen sind folgende physikalische Eigenschaften von Bedeutung:

1. Die Klebkraft (Kleben an den Fingern, Kleben im Mund).

2. Die Abkühlungsgeschwindigkeit (Wärmeleitfähigkeit).
3. Die Plastizität (Erweichungs- bzw. Erstarrungspunkt, gleichmäßige oder ungleichmäßige, schnelle oder langsame Zunahme bzw. Abnahme der Plastizität).
4. Die Abdruckschärfe, die sich wieder gliedert in Tiefenschärfe (Abhängigkeit von der Plastizität), Feinheitenwiedergabe und Oberflächenglätte (Abhängigkeit von der Struktur). Letztere spielt eine besondere Rolle beim Funktionsabdruck.
5. Die Struktur (Vermischung und Verteilungsgröße der Bestangteile) (vgl. Schubert).
6. Die Volumveränderung bei Erwärmung und Abkühlung.

Die Wichtigkeit dieser Eigenschaften wurde schon oben erwähnt. Es sei nun noch darauf hingewiesen, daß es sich bei allen Versuchen und Messungen mit Ausnahme vom 6. nicht um absolute physikalische Bestimmungen handelt. Die Versuche sind vergleichend zu werten, wenngleich daraus auch oft bis zu einem gewissen Grad Schlüsse auf die absoluten Werte gezogen werden können (siehe Abkühlungsgeschwindigkeit!).

Im Sinne einer größeren Genauigkeit, einer Vereinheitlichung der Maßstäbe und damit auch einer Vergleichsmöglichkeit der Versuchsergebnisse von verschiedenen Arbeiten untereinander wäre es für künftige Untersuchungen notwendig, die Versuchsmethoden in Richtung absoluter physikalischer Bestimmungen auszubauen. Da biologische Faktoren bei dem kurzen Verweilen der Abdruckmassen im Mund nur in beschränktem Maß berücksichtigt werden müssen (siehe Abdruckschärfe!), würden diese Bestimmungen wohl genügen, um brauchbare Aussagen über Güte und Anwendungsbereich der einzelnen Massen machen zu können. In diesem Sinne habe ich mich bei der Schilderung der von mir benutzten Versuchsanordnungen bemüht, weitgehend physikalische Gesetze zu berücksichtigen.

Ferner ist noch zu bemerken, daß alle Ergebnisse Mittelwerte aus einer Anzahl von Versuchen sind. Die Ursache für die nie ganz übereinstimmenden Ergebnisse derselben Versuche dürfte hauptsächlich in der Verschiedenartigkeit der

die Masse zusammensetzenden Stoffe zu suchen sein. Außerdem spielen geringe Unterschiede zwischen den Platten der gleichen oder einer anderen Sendung des betreffenden Fabrikats und Fehlerquellen in den Versuchsanordnungen eine Rolle. Für die Nutzanwendung in der Praxis genügen jedoch diese Angaben, die statt aus einer „Gesetzmäßigkeit", aus einer gewissen „Regelmäßigkeit' entstanden sind, hinreichend.

2. Anordnung, Ausführung und Ergebnisse der Versuche.

a) Klebkraft. Wie bereits oben erwähnt wurde, kann sich die Klebkraft bei der Verarbeitung der Massen unangenehm auswirken. Es wurde deshalb festgestellt, bei welcher Temperatur beim Erwärmen und Abkühlen die Masse anfängt, an den Fingern zu kleben, bzw. noch klebt. Da diese Feststellung in weitgehendstem Maße vom Empfinden und Gutdünken des Untersuchers abhängig ist, wurde noch folgendes ausgeführt: Auf ein in einem Wasserbad befindliches Stück blankgescheuerten Weißblechs wurden etwa haselnußgroße Massekugeln gelegt und jeweils bei der zu untersuchenden Temperatur festgedrückt. Beim Erwärmen war die Temperatur, bei der bei Entfernung der Masse vom Blech erstmalig etwas daran hängen blieb, die gesuchte. Beim Abkühlen war es die Temperatur, bei der noch etwas Masse am Blech hängen blieb.

Ferner wurde noch die Temperatur bestimmt, bei der die Masse beim Ablösen von Gipsmodellen am Gips klebte.

Aus Tab. 1 geht hervor (1—4): 1. Xantygen F und E haben die niedrigsten Klebtemperaturen, dann folgen Xantygen grün, Helios und Paribar.

2. Wird Paribar über offener Flamme erwärmt, überhitzt oder gekocht, so liegen die Klebtemperaturen tiefer wie bei der unbearbeiteten oder gekneteten Masse. Dasselbe gilt für Xantygen E, während für Xantygen F, Helios und Xantygen grün für alle Bearbeitungsformen etwa die gleichen Temperaturen gelten.

3. Beim Abkühlen liegt der Klebpunkt bei Paribar Xantygen E und F etwas tiefer als beim Erwärmen. Die Erniedrigung des Klebpunktes ist einer Erhöhung der Klebkraft gleichzusetzen, da diese ja mit steigender Temperatur zunimmt.

Beispiel: PM_1 hat bei 64° C eine bestimmte Klebkraft. Wenn nun die Klebkraft von PM_5 bei 56° C dieselbe ist wie die von PM_1 bei 64° C, so wird sie, da sie ja bei steigender Temperatur zunimmt, bei 64° C größer sein als die von PM_1.

Die Ergebnisse bei Paribar decken sich mit der Feststellung von S ü ß : Paribar klebt bei 65° C leicht und zieht Fäden.

Aus Tab. 1 (5) ist weiter noch ersichtlich, daß Xantygen E und F am ehesten am Gips kleben, dann folgen Helios, Xantygen grün und Paribar.

Kleben im Mund ist bei keiner Masse beobachtet worden.

	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5		
Paribar	70	70	65	65	65		
Helios	65	65	65	65	65		
Xantygen G	62	62	62	62	62	1	Temperatur, bei der die Masse beim Erwärmen anfängt, an den Fingern zu kleben.
Xantygen E	62	62	62	58	58		
Xantygen F	60	60	60	60	60		
Paribar	68	68	68	62	62		
Helios	65	65	65	65	65		
Xantygen G	62	62	62	62	62	2	Temperatur, bei der die Masse beim Abkühlen an den Fingern noch klebt.
Xantygen E	60	60	58	58	58		
Xantygen F	60	60	60	60	60		
Paribar	64	64	58	58	56		
Helios	58	58	58	58	58		
Xantygen G	54	54	54	54	54	3	Temperatur, bei der die Masse beim Erwärmen anfängt, am blank gescheuerten Weißblech zu kleben.
Xantygen E	54	52	52	50	50		
Xantygen F	50	48	48	48	48		
Paribar	64	62	56	54	54		
Helios	58	58	58	58	58		
Xantygen G	54	54	54	54	54	4	Temperatur, bei der die Masse beim Abkühlen am blank gescheuerten Weißblech noch klebt.
Xantygen E	50	48	46	46	46		
Xantygen F	48	46	46	46	46		
Paribar	über 60						
Xantygen G	über 60						
Helios	60	60	60	60	60	5	Temperatur, bei der die Masse am Gips klebt.
Xantygen E	55	55	55	50	50		
Xantygen F	50	50	50	55	55		

Tab. 1.

b) Abkühlungsgeschwindigkeit (Wärmeleitfähigkeit). Die Abkühlungsgeschwindigkeit eines Stoffes ist unter anderem abhängig von seiner Wärmeleitfähigkeit. In der Physik ist der Ausdruck für die wärmeleitenden Eigenschaften eines Stoffes die sog. Wärmeleitzahl. Sie gibt an, wieviel große Kalorien in der Stunde durch eine Platte von der Größe F = 1m² und der Dicke D = 1m bei einem Temperaturunterschied von 0_1—0_2 = 1° C hindurchgehen. Der technischen Schwierigkeiten halber wurde auf eine direkte Bestimmung der Wärmeleitzahl verzichtet. Ausgehend von der Tatsache, daß, je größer die Abkühlungsgeschwindigkeit, desto größer auch die Wärmeleitfähigkeit ist und umgekehrt, lassen sich von der Abkühlungsgeschwindigkeit aus Schlüsse auf die Wärmeleitfähigkeit ziehen. Nun ist die Abkühlungsgeschwindigkeit noch, wie oben schon angedeutet, von einer Reihe von anderen Faktoren abhängig. Es sind folgende: Das Medium, in dem abgekühlt wird (Luft, Wasser usw.), die Menge desselben, das Mischungsverhältnis desselben (ob stets in allen Schichten dieselbe Temperatur herrscht), die Menge und Gestalt (Kugel, Platte usw.) des zu untersuchenden Stoffes, die Größe der Temperaturspanne (Abkühlung von 60° C auf 20° C oder von 60° C auf 30° C usw.). Die Versuchsanordnung wurde so gewählt, daß diese Faktoren stets gleich blieben.

Die zu untersuchende Masse wurde in ein zylindrisches Glasgefäß a (siehe Abb. 2!) von 1,7 cm Innendurchmesser, 2,5 cm Höhe und 1,5 mm Wandstärke gebracht, in die Mitte ein Thermometer b gesteckt und die Masse an Thermometerwandung und Gefäßwand angeschmolzen. Ein Kalorimetergefäß c von 7 cm lichter Weite und 0,5 l Wasser Inhalt diente zum Abkühlen.

Der Versuch selbst ging in folgender Weise vonstatten: In einem Wasserbad von etwas über 60° C wurde die Masse im Glasgefäß mit Thermometer bis auf 60° C erwärmt. War die Temperatur erreicht, so wurde die Vorrichtung aus dem Wasserbad herausgenommen und in das Kalorimetergefäß gehängt, in dem einmal die Temperatur von 20° C, das andere Mal die Temperatur von 30° C herrschte. Die Temperatur von 20° C entspricht etwa den Abdruckverhältnissen im Mund bei guter, die Temperatur von 30° C denen bei schlechter Kühlung. Von 60° C bis 35° C bzw. 25° C wurde dann die Zeit in Sekunden und Minuten bestimmt, die die Masse zu je 5° C Temperaturabnahme benötigte, von 35° bis 32° C, bzw. von 25° bis 22° C die Zeit zu je 1° C Temperaturabnahme. Ständiges Umrühren verhinderte Wärmestauung und ungleichmäßige Temperaturschichtung im Kühlwasser.

Die Fälschung der Ergebnisse infolge des die Masse umgebenden

Glasgefäßes ist gering (die Masse ist ja auch nicht auf allen Seiten von Glas umgeben) und soll hier unberücksichtigt bleiben.

Vergleichshalber wurde auch die Abkühlungsgeschwindigkeit vom Wasser gemessen, wobei das Glasgefäß a mit Wasser gefüllt und oben mit einem Korken, in dem ein Thermometer steckte, abgeschlossen wurde.

Ein Ausbauen der Versuchsmethode in Richtung der absoluten physikalischen Messung müßte die direkte Bestimmung der Wärmeleitzahl bei verschiedenen Temperaturen zum Ziel haben. Um aber dann die Verhältnisse, wie sie im Mund sind, nicht ganz aus dem Auge zu lassen, wäre es vielleicht brauchbar, diese Methode mit der direkten Messung der Abkühlungsgeschwindigkeit bei einem Abdruck im Mund, wie sie Schubert angibt, zu kombinieren.

Aus Tab. 2 ist folgendes abzulesen: 1. Die größte Abkühlungsgeschwindigkeit und damit die größte Wärmeleitfähigkeit hat Helios in allen Bearbeitungsformen, dann folgt das gekochte Xantygen E, das überhitzte und das gekochte Paribar, Xantygen grün in allen Bearbeitungsformen, das frische, das geknetete und das über offener Flamme erwärmte Xantygen E, Xantygen F in allen Bearbeitungsformen, das geknetete und das über offener Flamme erwärmte Paribar, das frische Paribar.

2. Bei Xantygen E und F und grün und Helios sind die Abstände zwischen 40° und 35° C, bei dem frischen und dem über offener Flamme erwärmten Paribar zwischen 35° und 30° C im Verhältnis zu denen beim Wasser vergrößert. Das besagt, daß die Wärmeleitfähigkeit der betreffenden Massen in diesen Temperaturabschnitten geringer ist als in den übrigen.

Folgende Kontrollversuche bestätigen diese Feststellung: Es wurde untersucht, in welcher Zeit Temperaturausgleich eintritt, wenn die Masse bzw. das Wasser 5° C mehr hat wie das Kühlwasser (25° C Masse, 20° C Kühlwasser, 30° C Masse, 25° C Kühlwasser usw.). Dabei ergaben sich für Wasser lauter gleiche Werte, für Xantygen grün dagegen z. B. bei 40°—35° C größere Werte wie bei den übrigen Temperaturabschnitten. Letztere hatten unter sich auch annähernd gleiche Werte.

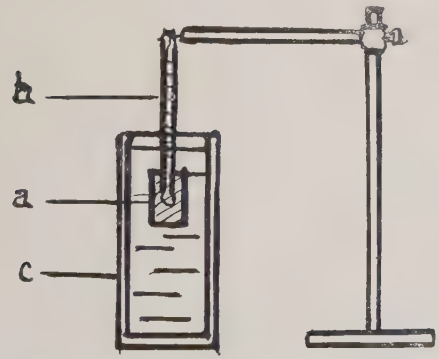
3. Im Vergleich zu Wasser ist die Zeit bei Abkühlung auf 22° C gegenüber der bei Abkühlung auf 32° C bei allen Massen mit Ausnahme von dem überhitzten und dem gekochten Paribar kürzer.

Dies läßt sich folgendermaßen erklären: Die treibende Kraft für den Temperaturausgleich ist der Temperaturunterschied (vgl. Spannung in der Elektrizität), sie ist um so größer, je größer letztere ist und umgekehrt. Der Widerstand, der sich dieser Kraft entgegensetzt, ist die Wärmeleitfähigkeit des abzukühlenden Stoffes, er ist um so größer, je geringer letztere ist und umgekehrt. Fällt also eine Zone größeren Widerstandes (geringerer Wärmeleitfähigkeit) in einen Temperaturabschnitt, in dem die treibende Kraft (der Temperaturunterschied)

noch groß ist, so wird dieser Widerstand schneller überwunden werden, wie wenn er in einem Abschnitt geringeren Temperaturunterschieds liegt. Wäre nun der größere Widerstand (die verringerte Wärmeleitfähigkeit) bei allen Massen in den entsprechenden Zonen so groß wie z. B. bei Xantygen grün, so würde sich für alle Massen eine Verkürzung der Zeit bei Abkühlung auf 22° C gegenüber der bei Abkühlung auf 32° C ergeben. Bei dem frischen, dem gekneteten und dem über offener Flamme erwärmten Paribar noch in erhöhtem Maße, da die treibende Kraft in der hier in Frage kommenden Zone geringer ist wie die in den entsprechenden Zonen bei den andern Massen (vgl. Abb. 3!).

Aus den tatsächlich herrschenden Verhältnissen läßt sich schließen, daß die Wärmeleitfähigkeit in den entsprechenden Temperaturabschnitten im Vergleich zu den andern Temperaturabschnitten bei Xantygen E, F und grün stärker verringert ist als bei Helios und bei diesem wieder stärker wie bei dem frischen und bei dem gekneteten und dem über offener Flamme erwärmten Paribar. Bei dem überhitzten und dem gekochten Paribar ist analog dem Wasser in allen Temperaturabschnitten die Wärmeleitfähigkeit gleich.

Für die Erwärmungsgeschwindigkeiten unter den gleichen Bedingungen gilt alles in diesem Abschnitt Gesagte genau so wie für die Abkühlungsgeschwindigkeiten.



Versuchsanordnung zur Bestimmung der Abkühlungsgeschwindigkeit

a Glasgefäß mit Masse
b Thermometer
c Kalorimetergefäß

Abb. 2

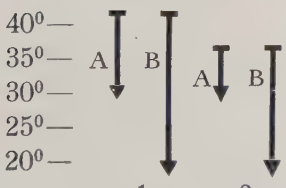


Abb. 3.

Größenverhältnis der treibenden Kräfte in den Zonen mit geringerer Wärmeleitfähigkeit.

A bei Abkühlung auf 32°
B bei Abkühlung auf 22°
1 bei Helios, Xant. E, F, grün
2 bei Paribar M_1, M_2, M_3.

Abkühlungszeit in Sekunden für die einzelnen Temperaturabschnitte

°C												
60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	15	15	40	40	40	40	50	50	40	40	50	50
50	10	10	25	20	25	20	25	20	25	20	30	25
45	10	7	25	20	25	20	25	20	25	20	30	25
40	20	8	45	20	50	20	50	20	50	20	60	25
35	40	20	110	45	110	50	100	45	145	55	150	60
34	15		30		30		40		30		35	
33	15		30		30		40		25		35	
32	25		55		50		45		55		50	
30		20		45		45		60		50		55
25		30		55		60		75		70		65
24		15		30		30		30		30		35
23		15		30		30		30		35		35
22		25		55		50		40		55		50

	Wasser		Helios M_1-M_5		Xant. E M_5		Paribar M_4, M_5	Xant. G M_1-M_5	Xant. E M_1-M_4
60	0	0	0	0	0	0			
55	50	50	50	50	60	60			
50	30	25	30	25	35	30			
45	30	25	30	25	35	30			
40	80	35	60	25	55	30			
35	150	60	120	55	130	50			
34	35		60		60				
33	35		60		60				
32	50		65		65				
30		55		70		70			
25		65		90		90			
24		35		40		45			
23		35		40		45			
22		50		60		55			

	Xant. F M_1-M_5	Paribar M_3, M_2	Paribar M_1

Tab. 2

	Zeit in Minuten bei Abkühlung von 60° C	
	auf 32° C	auf 22° C
Wasser	2.30	2.45
Helios M_1-M_5	6.00	6.00
Xant. E M_5	6.20	6.05
Paribar M_4, M_5	6.15	6.30
Xant. G M_1-M_5	6.45	6.35
Xant. E M_1-M_4	7.20	7.05
Xant. F M_1-M_5	7.40	7.15
Paribar M_3, M_2	7.55	8.00
Paribar M_1	8.20	8.25

c) Plastizität. Nach E. Karrer ist die Plastizität eines Stoffes abhängig von seiner Weichheit und von dem Grad der Dauerdeformation, die der Stoff erleidet, wenn auf ihn ein Druck einwirkt. Es gilt die Gleichung: Plastizität = Weichheit × Dauerdeformation. Als Einheitsplastizität definiert Karrer jene Plastizität, die bei 1 kg/cm² Belastung während 1 Sekunde eine Dauerdeformation in einem bestimmten Grade und für dauernd zuläßt.

Darauf fußend und in Anlehnung an die von Höltge angegebene Methode ergab sich die Versuchsanordnung, die ich verwandte. Sie bestand aus einer Stempelvorrichtung a (siehe Abb. 4), die mit 500 g belastet wurde, wobei der Stempel 1 cm² Unterfläche hatte, einem elektrisch beheizten Wasserbad b und zylindrischen Glasgefäßen c von 1,7 cm lichter Weite und 2,5 cm Höhe, die mit Masse beschickt waren. In eines derselben war zur Kontrolle der Massetemperatur ein Thermometer in die Mitte gesteckt.

Die Versuche wurden in folgender Weise ausgeführt: Die Gefäße mit den Massen wurden in das Wasserbad gebracht und dieses stufenweise von 2° zu 2° C erhitzt. War die gewünschte Temperatur jeweils auch in der Masse erreicht, so wurden die Gefäße nacheinander unter den Stempel gestellt und die Massen 20 Sekunden lang der Belastung ausgesetzt. (Der Stempel berührte die Masse etwas schon vor der Belastung.) Eine an dem Stempel befestigte Nadel e zeigte auf einer Millimeterskala f die Einsinkungstiefe an. Dasselbe wurde auch bei Abkühlung durchgeführt. Die Dauerdeformation wurde in der Weise gemessen, daß nach Einsinken des Stempels die Belastung aufgehoben und das sog. „Aufatmen" beobachtet wurde.

Um die Methode in Richtung der absoluten physikalischen Bestimmung weiterzuentwickeln, wäre es eventuell notwendig, eine automatische Auslöse- und Bremsvorrichtung am Stempel anzubringen, die

den Stempel für genau 1 Sekunde freigibt. Ferner müßten auf der Skala auch noch halbe Millimeter abgelesen werden können, da die Einsinkungstiefe bei den niedrigen Temperaturen sehr gering wäre. Die Vorrichtung müßte daher sehr genau gearbeitet sein. Wie schon bei der oben beschriebenen Methode, so wäre auch hier zu beachten, daß der Abstand zwischen Stempel und Massenoberfläche vor der Belastung möglichst gering ist, da sonst eine Fälschung durch die Fallgeschwindigkeit eintreten kann.

Aus Tab. 3 und Abb. 5 und 6 folgt: 1. Die größte Plastizität besitzt Helios, dann folgen Xantygen F, Xantygen E, Paribar und Xantygen grün. Dies stimmt mit der Feststellung von S ü ß überein. Danach hat Stents die größte Plastizität, dann folgen Paribar und Kerr. Stents dürfte ungefähr den Massen Helios, Xantygen E und F und Kerr dem Xantygen grün entsprechen. Nach den Versuchen von J a f f k e jedoch hat Kerr eine größere Plastizität wie Helios.

2. Mehrmaliges Kneten bewirkt bei sämtlichen Massen eine Erhöhung der Plastizität, Ueberhitzen bei Helios, Paribar, Xantygen F und grün ebenfalls eine Erhöhung, bei Xantygen E ein Gleichbleiben, Kochen bei Helios, Paribar und Xantygen grün eine Erhöhung, bei Xantygen E und F eine Abnahme. Auf Ursachen und Zusammenhänge hiefür soll im Kapitel „Eigenschaftsänderungen und Stoffausfall" näher eingegangen werden.

3. Xantygen E, F und grün weisen im großen und ganzen ein gleichmäßiges Zu- bzw. Abnehmen der Plastizität auf. Bei Helios sieht man zwischen 42° und 46° C und zwischen 56° und 60° C ein stärkeres Zu- bzw. Abnehmen wie bei den übrigen Temperaturen, bei Paribar dasselbe zwischen 50° und 60° C.

4. Bei allen Massen mit Ausnahme von Helios ist die Temperatur, bei der die Masse noch plastisch ist, beim Abkühlen tiefer wie beim Erwärmen. Paribar ist beim Abkühlen bei Mundtemperatur noch plastisch. Die Temperatur, bei der vollkommene Erhärtung eintritt, liegt noch tiefer (Probe mit Fingernageleindruck).

Eine physikalische Erklärung hiefür im übertragenen Sinne ist vielleicht das Trägheitsgesetz. Es besagt, daß ein Körper, der sich in Ruhe oder in Bewegung befindet, immer bestrebt ist, diesen Zustand beizubehalten. Hier könnte man den harten Zustand der Ruhe und den plastischen Zustand der Bewegung gleichsetzen, und es wäre einzusehen, daß sich der jeweilige Zustand infolge der Trägheit länger erhält als es eigentlich ein bestimmter Temperaturgrad erlaubt. Natürlich kann dann auch die Trägheit bei verschiedenen Massen unter-

schiedlich groß sein, wie dies ja auch bei verschiedenen physikalischen Körpern der Fall ist (vgl. z. B. Helios und Paribar).

Ueber die Dauerdeformation ist zu sagen, daß sie bei allen Massen nach länger dauernder Belastung in vollem Umfang vorhanden ist, also daß kein „Aufatmen" stattfindet. Daher gilt für die hier untersuchten Massen: Plastizität = Weichheit × 1. Mit anderen Worten, die Plastizität ist der Weichheit gleichzusetzen. Bei kurzdauernder Belastung (1 bis 2 Sek.) ist bei Paribar etwa zwischen 38° und 55° C eine gewisse Elastizität festzustellen. Diese ist bei höherer Temperatur geringer wie bei tieferer und bei unbearbeiteter, bei gekneteter und bei über offener Flamme erwärmter Masse größer wie bei überhitzter und bei gekochter. Ueber die Bedeutung dieser Tatsache für den Abdruck soll im Abschnitt „Abdruckschärfe" berichtet werden. Die Ursache dafür, daß sich bei längerer Belastung kein „Aufatmen" bemerkbar macht, ist wohl darin zu suchen, daß die Elastizität der Paribarmasse verhältnismäßig gering ist, vollends noch bei höherer Temperatur, und dadurch die Masse leicht überdehnt werden kann (vergleiche schwaches Gummiband).

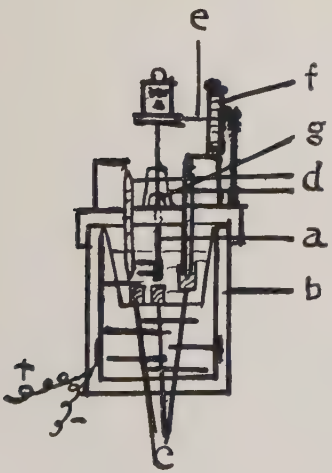


Abb. 4.

Versuchsanordnung zur Bestimmung der Plastizität.

a Stempel mit 1cm² Unterfläche (Stempel + Gewicht = 500 g)
b Wasserbad
c Glasgefäße mit Masse
d Thermometer
e Zeigernadel
f Millimeterskala
g Sperrvorrichtung zum Lösen und Bremsen des Stempels.

Tab. 3.

°C	Einsinkungstiefe in Millimetern									
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	2	3	1	1	0	0	0	0	0	0
44	4	5	3	3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
46	11	10	10	10	3,5	3,5	3,5	5	3,5	3,5
48	12	11,5	11,5	10,5	6,5	5,5	6	7,5	6	5
50	14	12,5	12,5	12	9	8	7,5	8	7,5	5,5
52	16	15,5	15,5	14	11	9,5	8,5	8,5	8,5	6,5
54	18	17	17	15	12	11,5	11	11	11	8
56	19	18	18	16	14	13	12,5	12,5	12,5	10,5
58	23	21	21	19	16	14,5	13,5	13,5	13,5	12
60	23	23	23	23	18	17	16	16	16	13
58	23	21	21	19	16	15	14	14	14	12
56	21	19	19	16	14	13	12	12	12	10
54	17	16	16	14	12	11,5	10,5	10,5	10,5	9
52	16,5	14,5	14,5	13	10,5	10	9,5	9,5	9,5	8
50	14	13	13	12,5	8,5	8	7,5	7,5	7,5	6
48	12	11	11	10	7,5	6,5	6	6	6	5
46	11,5	10	10	9	5,5	5	5	5	5	4
44	7	6	6	5	4	4	4	4	4	3
42	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2
40	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0,5
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	M_5	M_2	M_3 M_4	M_1	M_2 M_4	M_1 M_3	M_5	M_2	M_1 M_3 M_4	M_5
	Helios				Xant. F			Xant. E		

38	0	0	0	0	0	0	0	0
40	2,5	1,5	1	1	0	0	0	0
42	3	2,5	1,5	1,5	0	0	0	0
44	4	3	2	2	3	2	1,5	1
46	5	4	3	3	5	4	3,5	3
48	6,5	4,5	3,5	3,5	6	4,5	4	3,5
50	8,5	6,5	5,5	4	8	5	4,5	4
52	10	7,5	6,5	5	8,5	6	5,5	5
54	11	9	9	7	9	7	6,5	6
56	14	11	10	9	11	8	7,5	7
58	19	13	12	9,5	13	10	9,5	9
60	19,5	20	13	12	15	12	10,5	10
58	18,5	17	12,5	11,5	14	11	9,5	8,5
56	15,5	14	12	11	12	10	9	8
54	13	11,5	10	9	10	8	7	7
52	11	9,5	8	7	9	7	6,5	6,5
50	9	8	6	5	7	6	6	6
48	8	7	5,5	4,5	6	5,5	5,5	5,5
46	6	5,5	4,5	4	5	4,5	4,5	4,5
44	4,5	4,5	4	3,5	4,5	4	4	4
42	3,5	3,5	2,5	2,5	3	2	2	2
40	3	3	2	2	2	1	1	1
38	2	2	1,5	1,5	0	0	0	0
36	1	1	1	1	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0

	M_5	M_4	M_2	M_1 M_3	M_2	M_4	M_5	M_1 M_3
	Paribar				Xant. grün			

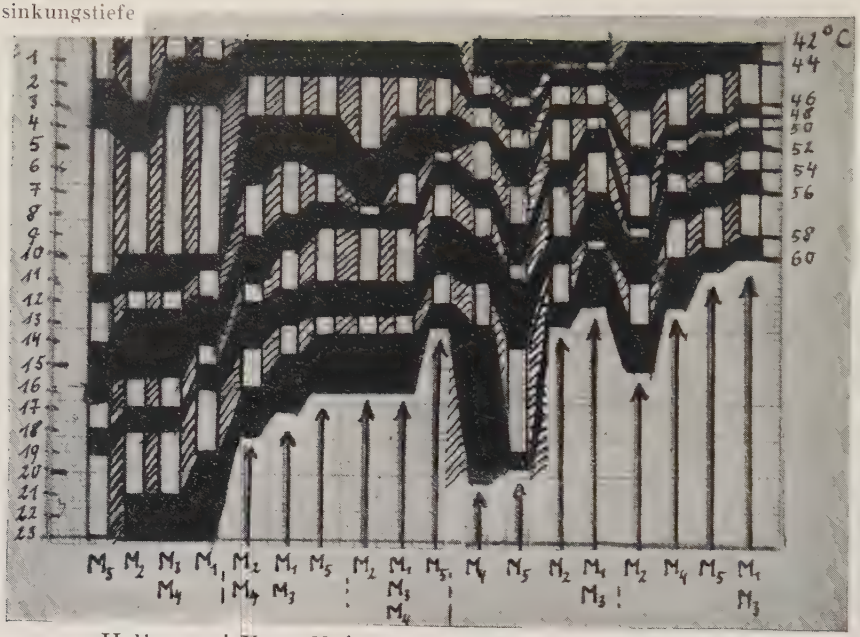


Abb. 5. Plastizität bei Erwärmung.

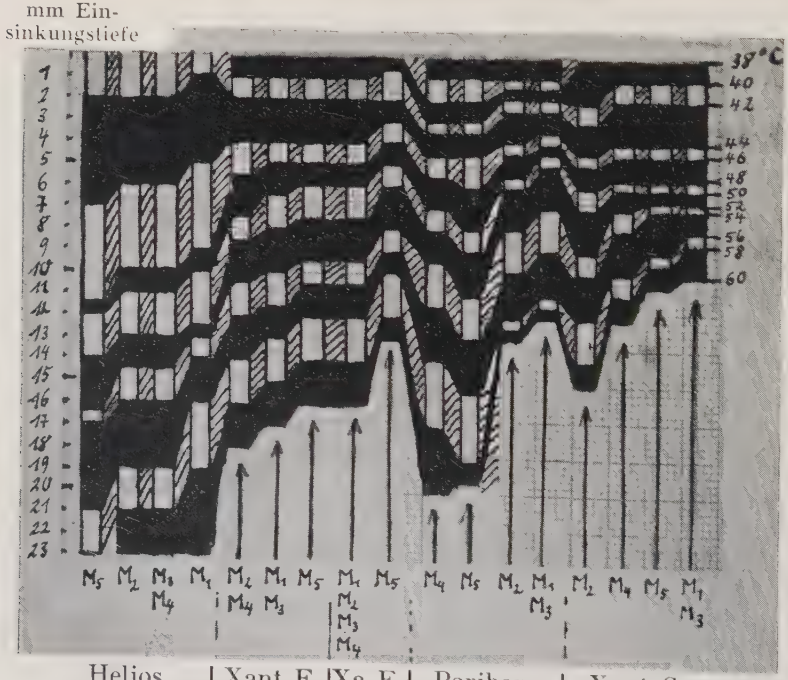


Abb. 6. Plastizität bei Abkühlung.

d) Abdruckschärfe. Bei einem Abdruck im Mund lassen sich Tiefenschärfe, Feinheitenwiedergabe usw. nur unvollkommen und ohne bestimmte Maße studieren, außerdem ist der Ausfall von vielen Zufälligkeiten abhängig. Es wurde deshalb darauf verzichtet.

Zur Bestimmung der Tiefenschärfe diente in Anlehnung an die von Oehrlein ausgeführten Versuche eine Metallplatte, in die verschieden tiefe Kerben eingeschnitten waren (siehe Abb. 7). Zur Bestimmung der Feinheitenwiedergabe und Oberflächenglätte diente ein Stück Weißblech, auf dem die Walzstriche zu sehen und in das verschieden dünne Striche eingeritzt waren. Um den Verhältnissen beim Funktionsabdruck gerecht zu werden, wurde bei dieser Bestimmung die Oberfläche der Masse auch mittels Spitzflamme (Lötrohr) erhitzt.

Bei den Versuchen wurden zwei Methoden angewandt. Die erste war die, daß der Abdruck mittels des unter c) beschriebenen Stempelapparats im Wasserbad genommen wurde, und zwar bei einer Belastung von 100 g/cm² (das entspricht ungefähr dem Druck der Hand beim Abdrucknehmen im Mund), einer Belastungszeit von 15 Sekunden (das entspricht auch etwa den Verhältnissen beim Abdrucknehmen im Mund) und bei verschiedenen Temperaturen. Die zweite war die, daß die Masse auf verschiedene Temperaturen erwärmt und der Abdruck dann mit Handdruck in einem Wasserbad von 30° C genommen wurde. Zur ersten Methode ist zu sagen, daß sie von der Praxis abweicht, da der Abdruck ja nicht bei Mundtemperatur (35° C) genommen wird. Die Ergebnisse sind aber im Vergleich mit denen der zweiten Methode trotzdem interessant und aufschlußreich. Die zweite Methode soll den Mundverhältnissen etwa gerecht werden. Das Wasserbad ist unter Mundtemperatur gehalten, um die Unterschiede besser herauszustellen.

Für eine größere Genauigkeit und Vereinheitlichung dieser Versuche wäre hier nicht die absolute physikalische Bestimmung richtunggebend, da es eine solche für diesen Fall gar nicht gibt, sondern eine möglichst weitgehende und einheitliche Anpassung an die Mundverhältnisse unter Ausschaltung aller Zufälligkeiten. In diesem Sinne wäre es wohl zweckmäßig, die Versuchsmethode nach dem Vorschlag von Schubert hin auszuarbeiten. Danach müßte der Abdruck im Wasserbad von Mundtemperatur mit dem Stempelapparat nach der oben beschriebenen ersten Methode genommen werden. Die Masse müßte wie bei der hier beschriebenen zweiten Methode außerhalb auf die entsprechende Temperatur gebracht werden. Außerdem wäre darauf zu achten, daß die Dicke der zum Abdruck verwandten Masse etwa der Dicke entsprechen würde, wie sie beim Abdrucknehmen im Mund auf dem Abdrucklöffel vorkommt (1 cm; verschiedene Abkühlungsgeschwindigkeiten bei verschiedener Dicke), ferner, daß die Zeit, die zwischen dem Herausnehmen der für den Abdruck erwärmten Masse aus dem Wasserbad und der Einwirkung des Stempels liegt,

stets dieselbe ist. Für die Gestaltung der Kerbenplatte zur Bestimmung der Tiefenschärfe würde ich folgendes vorschlagen: Um für das Eindringen der Masse für jede Kerbe gewissermaßen gleiche Bedingungen zu schaffen, müßten die beiden Kerbwände immer im gleichen Winkel zueinander stehen. Dann wäre also jede, der größten folgende Kerbe eine verkürzte Form derselben. Die Masse und die Zahl der Kerben sind in Abb. 7 angegeben und auf Grund von hierbei gemachten Erfahrungen gewählt. Um für die Feinheitenwiedergabe ein Maß zu haben, das sich genau festlegen läßt, könnte man daran denken, Striche in eine Glasplatte einzuritzen und ihre Stärke mikroskopisch zu bestimmen.

Auf Grund der Feststellung, daß die Tiefenschärfe bei Bestimmung nach der oben beschriebenen ersten Methode von der Plastizität abhängig ist, könnte man Untersuchungen darüber für überflüssig halten. Bei einem Abdruck unter Mundverhältnissen jedoch spielen noch die Faktoren Abkühlungsgeschwindigkeit und Abnahme der Plastizität eine Rolle. Die Tiefenschärfe geht also aus allen drei Faktoren hervor, sie ist gewissermaßen die Resultierende daraus. Was die Genauigkeit für die Bestimmung der Schärfegrade anbelangt, so ist wohl ohne weiteres einzusehen, daß sie bei den hier benutzten Abdruckformen größer ist als bei den in der Literatur immer wieder erwähnten Münzabdrücken. Die tiefste, noch genau abgebildete Kerbe, bzw. der feinste, noch genau abgebildete Strich lassen sich ziemlich einwandfrei feststellen.

Ueber die Tiefenschärfe läßt sich auf Grund von Tab. 4 folgendes sagen: 1. Wird der Abdruck mit Stempel im Wasserbad bei Temperaturen genommen, bei denen die Masse plastisch ist, so ist der Schärfegrad nur abhängig vom Grad der Plastizität. Man kann, wenn man die vorausgegangenen Plastizitätsmessungen zugrunde legt, folgende Beziehungen feststellen: Dem Schärfegrad 1 entspricht eine Plastizität von über 8 mm Einsinkungstiefe, dem Schärfegrad 2 eine solche von 8 bis 5 mm, dem Schärfegrad 3 eine solche von unter 5 mm (siehe Abb. 13!).

2. Wird der Abdruck mit kurzem Fingerdruck im Wasserbad von 30° C genommen, so ist der Schärfegrad vom Grad der Plastizität, von deren Verlauf beim Abkühlen und von der Abkühlungsgeschwindigkeit der Masse abhängig. Bei Paribar spielt auch noch die Elastizität eine Rolle.

Während unter 1. Helios an der Spitze stand, weil es den größten Plastizitätsgrad bei den betreffenden Temperaturen hatte, steht es hier erst an vierter Stelle. Die Ursache hiefür ist in der großen Abkühlungsgeschwindigkeit und in der raschen Abnahme der Plastizität zwischen 60° C und 56° C und 46° C und 42° C zu suchen (siehe Abschnitt c)!), wodurch die Masse schnell einen Plastizitätsgrad erreicht, bei dem ein weiteres Vordringen in die Kerben der Form nicht mehr möglich ist. Paribar weist hier die geringste Tiefenschärfe auf. Dies ist besonders auffallend bei der überhitzten und der gekochten Masse, die beide

unter 1. dem Helios an die Seite zu stellen sind (siehe Tab. 4.). Die Ursache hiefür ist ausschließlich in der schon im Abschn. c) beschriebenen Elastizität der Masse zu suchen. Allerdings wirkt sich diese nur bei kurzdauerndem Druck aus. Uebt man bei denselben Versuchen den Druck länger aus, so werden größere Schärfegrade erreicht. Die im Vergleich zu 1. verhältnismäßig geringe Abnahme der Tiefenschärfe bei den Xantygen-Massen ist auf die gleichmäßige und langsame Abnahme der Plastizität und die mittlere Abkühlungsgeschwindigkeit zurückzuführen.

Ueber die Feinheitenwiedergabe läßt sich auf Grund von Tab. 5 folgendes sagen: 1. Bei Stempelabdruck im Wasserbad von verschiedener Temperatur nimmt die Genauigkeit der Wiedergabe mit steigender Temperatur zu. Die Hauptrolle dabei wird wohl eine gewisse Zerfließlichkeit oder Weichheit und Anpassungsfähigkeit der Masseoberfläche spielen.

Ich stelle mir das so vor, daß die leicht schmelzbaren Bestandteile der Masse, die sog. Weichmachungsstoffe (Paraffin, Stearinsäure usw.), die andern gewissermaßen umfließen. Die Oberfläche wird dann um so geschlossener und damit die Feinheitenwiedergabe um so genauer sein, je flüssiger die betreffenden Stoffe sind (siehe Abb. 10.), was dann wieder von der Beschaffenheit der Stoffe selbst und von der Abdrucktemperatur abhängen wird. Dabei spielt es dann keine große Rolle, sofern die Weichmachungsstoffe bei der betreffenden Temperatur schon flüssig sind, ob die andern Bestandteile der Masse grob- oder feinkörnig sind. Deshalb sind z. B. mit Helios, das eine gröbere Struktur hat wie etwa Xantygen E (siehe Abschn. e)!), bei 55° C schon ebenso gute Ergebnisse zu erzielen wie mit Xantygen E (siehe Tab. 5.). Ein weiterer Beweis für die Richtigkeit dieser Anschauung mögen die Ergebnisse mit Xantygen E sein. Beim Kochen dieser Masse fällt ein Teil der Weichmachungsstoffe aus (siehe Kap. „Eigenschaftsänderungen und Stoffausfall"!), was dann bei M_5 bewirkt, daß die Plastizität abnimmt (siehe Abschn. c)!) und die Genauigkeit der Feinheitenwiedergabe.

2. Bei Stempelabdruck im Wasserbad von verschiedener Temperatur, wo die Oberfläche der Masse vorher mit Spitzflamme erhitzt wurde, ist gegenüber den Abdrücken, die ohne vorherige Bearbeitung mit der Spitzflamme gemacht wurden, ebenfalls eine Steigerung der Genauigkeit festzustellen.

Zur Erklärung hiefür möchte ich folgendes anführen: Bei den Massen Paribar und Xantygen wird durch das Erhitzen mit der Spitzflamme die Oberfläche geschlossen und gleichmäßig (siehe Abschn. e)!). Wenn man bei der unter 1. dargelegten Anschauung bleibt, so kann man sagen, daß den Weichmachungsstoffen dadurch gewissermaßen ein Teil ihrer Arbeit, den sie sonst während des Abdrucks zu leisten hätten, nämlich das Umfließen der andern Bestandteile, abgenommen wird. Es bleibt dann nur noch die genaue Anpassung an die Form. Bei Helios, wo die Spitzflamme keine geschlossene und gleichmäßige Oberfläche schafft (siehe Abschn. e)!), kann vielleicht von einer gewissen Mobilisation der Weichmachungsstoffe die Rede sein. Diese werden wohl herausgeschmolzen an die Oberfläche, können sie aber,

wahrscheinlich wegen der groben Struktur der Masse, nicht zusammenhängend gestalten. Zur näheren Erläuterung dieser Verhältnisse und deren Auswirkungen beim Abdruck soll Abb. 11. dienen.

3. Bei Abdruck unter Fingerdruck im Wasserbad von 30° C läßt die Genauigkeit im Vergleich zum vorher geschilderten Stempelabdruck nach. Zurückzuführen ist dies, wenn man die unter 1. und 2. dargelegte Anschauung zugrunde legt, darauf, daß die Weichmachungsstoffe infolge der Abkühlung nicht mehr genügend flüssig sind, um sich der Form genau anzuschmiegen. Ein Umfließen der übrigen Bestandteile kann hierbei natürlich nicht mehr stattfinden. Also wird hier die Struktur der Masse eine große Rolle spielen. Es kann daher daraus, daß Helios weniger gute Ergebnisse liefert wie die andern Massen, geschlossen werden, daß dieses eine gröbere Struktur hat wie jene (siehe Abb. 12).

Für die Oberflächenglätte der Abdrücke gilt dasselbe wie für die Feinheitenwiedergabe (siehe Tab. 6).

O e h r l e i n hat bei seinen Versuchen über Abdruckschärfe eine Abnahme derselben bei mehrmaligem Benützen der Massen festgestellt. Bei den hier ausgeführten Versuchen war dergleichen nicht zu beobachten.

	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	
Helios	1	1	1	1	1	bei 50° C unter Stempeldruck 15 Sek. lang
Xant. F	1	1	1	1	2	
Xant. E	2	1	2	2	2	
Xant. G	3	2	3	3	3	
Paribar	3	2	2	1	1	
Helios	1	1	1	1	1	bei 55° C unter Stempeldruck 15 Sek. lang
Xant. F	1	1	1	1	1	
Xant. E	1	1	1	1	1	
Paribar	1	1	1	1	1	
Xant. G	2	2	2	1	1	
Helios	alles 1					bei 60° C unter Stempeldruck 15 Sek. lang
Xant. F						
Xant. E						
Paribar						
Xant. G						

Tab. 4.

Tab. 4.

	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	
Xant. F	2	2	2	2	2	
Xant. E	4	3	4	4	4	bei 30° C unter Finger-
Xant. G	4	3	4	4	3	druck, vorher auf 50° C
Helios	5	5	5	5	5	erwärmt
Paribar	6	5	5	5	5	
Xant. F	2	2	2	2	2	
Xant. E	4	3	3	3	4	bei 30° C unter Finger-
Xant. G	3	3	4	3	3	druck, vorher auf 55° C
Helios	5	4	5	5	5	erwärmt
Paribar	5	5	5	5	4	
Xant. F	2	1	2	1	2	
Xant. E	3	2	2	2	3	bei 30° C unter Finger-
Xant. G	3	2	4	3	3	druck, vorher auf 60° C
Helios	4	4	4	4	4	erwärmt
Paribar	5	4	5	4	3	

Einteilung der Schärfegrade:

1 = Kerbe 1 noch deutlich abgedrückt
2 = „ 2 „ „ „
3 = „ 3 „ „ „
4 = „ 4 „ „ „
5 = „ 5 „ „ „
6 = „ 6 „ „ „

Anordnung und Bezeichnung der Kerben siehe Abb. 7.

Tiefenschärfe.

Querschnitt.

1 6 mm Tiefe, 3 mm obere Weite
2 5 mm „
3 4 mm „
4 3 mm „
5 2 mm „
6 1 mm „

Aufsicht.

Abb. 7.

Kerbenplatte zur
Bestimmung der Tiefenschärfe.

	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	
Xant. F	1	1	1	1	2	
Xant. E	1	1	1	2	2	
Paribar	2—3	2—3	2—3	2	2—3	bei 50° C unter Stempeldruck 15 Sek. lang
Helios	2—3	2—3	2—3	2—3	2	
Xant. G	3	2—3	2—3	3	3	
Xant. F	1	1	1	1	1	
Xant. E	1	1	1	1	1—2	
Helios	1	1	1	1—2	1	bei 55° C unter Stempeldruck 15 Sek. lang
Paribar	2	2	1	1	2	
Xant. G	2	2	2	2	2	
Xant. F Xant. E Xant. G Paribar Helios	alles 1					bei 60° C unter Stempeldruck 15 Sek. lang
Xant. F Xant. E Xant. G Paribar	alles 1					bei 50° C unter Stempeldruck 15 Sek. lang, vorher mit Spitzflamme erhitzt
Helios	1	1—2	1	1—2	1—2	
Xant. F Xant. E Xant. G Paribar Helios	alles 1					bei 55° und 60° C unter Stempeldruck 15 Sek. lang, vorher mit Spitzflamme erhitzt
Xant. F	2	3	2	3	3—4	bei 30° C unter Fingerdruck, vorher auf 50°, 55° und 60° C erwärmt, Oberfläche mit Spitzflamme erhitzt
Xant. G	3	3—4	3—4	3—4	3—4	
Paribar	3—4	3—4	3—4	3—4	3—4	
Xant. E	3—4	3—4	3—4	3—4	3—4	
Helios	4	4	4	4	4	

Einteilung der Schärfegrade:

1 = feinste Walzstriche auf dem Blech noch sichtlich
2 = alle eingeritzten Striche noch sichtlich
3 = die beiden dickeren Striche noch sichtlich
4 = der dickste Strich noch sichtlich.

Tab. 5.

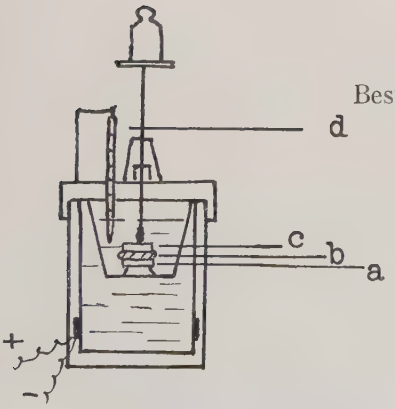
Feinheitenwiedergabe.

	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	
Xant. F	1	1	1	1	1	bei 50° C unter Stempeldruck 15 Sek. lang
Xant. E	1	1	1	1	1	
Helios	1	2	1	1	1	
Paribar	1	1	1	2	2	
Xant. G	2	2	1	1	3	
Xant. F						bei 55° und 60° C unter Stempeldruck 15 Sek. lang
Xant. E			alles			
Helios			1			
Paribar						
Xant. G	1	1	1	1	2	
Xant. F						bei 50° und 55° C unter Stempeldruck 15 Sek. lang, vorher mit Spitzflamme erhitzt
Xant. E			alles			
Helios			1			
Paribar						
Xant. G	1	1	1	1	2	
Xant. F	1	1—2	1—2	1—2	1—2	bei 30° C unter Fingerdruck, vorher auf 50°, 55° und 60° C erwärmt, Oberfläche mit Spitzflamme erhitzt
Xant. G	1—2	1—2	1—2	1—2	1—2	
Paribar			alles			
Xant. E			1—2			
Helios	2—3	2—3	2—3	2—3	2—3	

Einteilung der Glättegrade: 1 = spiegelnd
2 = matt
3 = rauh

Tab. 6.

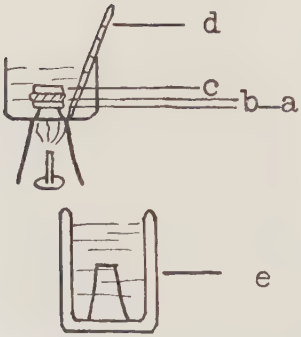
Oberflächenglätte.



Versuchsanordnung zur Bestimmung der Abdruckschärfe nach Methode 1.

a Abdruckplatte
b Abdruckmasse
c Druckplatte 2×2,5 cm (bei 500 g Belastung entspricht der Druck pro cm² etwa den Verhältnissen beim Abdruck im Mund)
d Thermometer

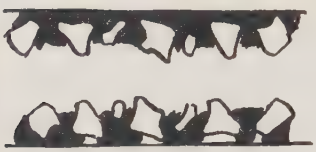
Abb. 8.



Versuchsanordnung zur Bestimmung der Abdruckschärfe nach Methode 2.

a Abdruckplatte
b Abdruckmasse
c Druckplatte (wie bei Abb. 8)
d Thermometer
e Gefäß mit Wasser von 30° C

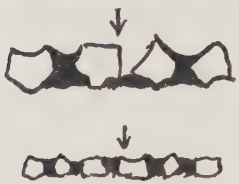
Abb. 9.



Weichmachungsstoffe gut flüssig

Weichmachungsstoffe schlecht flüssig

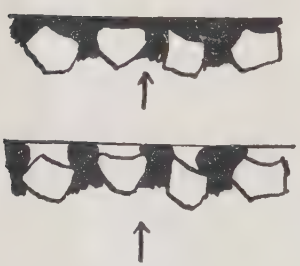
Abb. 10. Schema.



Oberfläche von Massen mit grober Struktur

Oberfläche von Massen mit feiner Struktur

Abb. 11. Schema.



Oberflächengestaltung bei Abdruck, wo Weichmachungsstoffe flüssig sind

Oberflächengestaltung bei Abdruck, wo Weichmachungsstoffe nicht mehr flüssig sind

Abb. 12. Schema.

schwarz: Weichmachungsstoffe
weiß: die andern Massebestandteile.

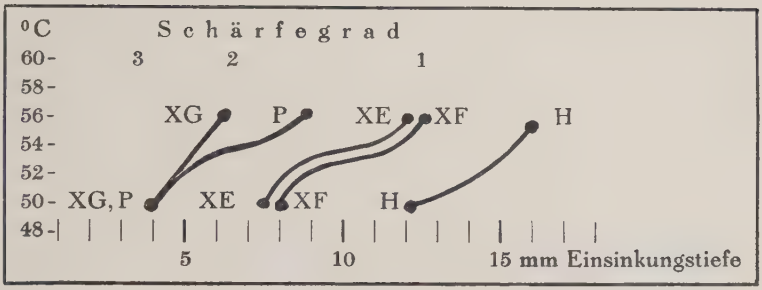


Abb. 13.

Tiefenschärfe und Plastizität

(M_1 von allen Massen).

e) Struktur. Wenn hier von Struktur einer Abdruckmasse die Rede ist, so soll damit in erster Linie Teilchengröße und Vermischungsgrad der sie zusammensetzenden Stoffe gemeint sein (vgl. Schubert!). Die genaueste Methode der Untersuchung in bezug darauf ist wohl die Betrachtung unter Vergrößerung, wie sie Jaffke und Süß gemacht haben. Da sich jedoch weitgehend Schlüsse von der Abdruckschärfe auf die Struktur ziehen lassen, wurden hier nur ergänzende Betrachtungen dazu durchgeführt. Die Massen wurden einmal nach Kneten und Auswalzen und das andere Mal nach Erhitzen der Oberfläche mit der Spitzflamme (Lötrohr) rein makroskopisch betrachtet.

Ueber Ausfall oder Veränderung von Stoffen in den Massen bei den verschiedenen Bearbeitungsformen soll ausführlich erst im Kapitel „Eigenschaftsänderungen und Stoffausfall" berichtet werden.

Aus Tab. 7 ergibt sich: 1. Das frische, das geknetete und das über offener Flamme erwärmte Paribar, Xantygen E, F und grün hat eine gleichmäßige und feinkörnige Struktur, dieselben Bearbeitungsformen von Helios eine weniger gleichmäßige und nicht so feinkörnige. Das im Abschnitt d) Angeführte erläutert und bestätigt dies.

2. Ueberhitzung beeinträchtigt die Struktur von Xantygen E und F und Paribar kaum, von Xantygen grün ziemlich, bei Helios läßt sich nichts feststellen.

3. Kochen beeinträchtigt die Struktur von Paribar kaum, die der Xantygen-Massen ziemlich, bei Helios ist auch hier nichts festzustellen. Im wesentlichen wird es sich hiebei um den Ausfall eines Teiles der Weichmachungsstoffe handeln (vgl. Abschnitt d). Näheres darüber soll erst später berichtet werden.

Süß sagt über die Struktur von Kerr (dieses dürfte etwa dem Xantygen grün entsprechen) und Paribar auf Grund von Schliffen folgendes: Kerr gleichmäßig fein gekörnt, keine groben Einschlüsse. Paribar bis auf einzelne, weiß glänzende Einschlüsse äußerst feine und gleichmäßige Struktur. Dies stimmt mit den von mir gemachten Feststellungen überein.

	M_1-M_3	M_4	M_5
Xant. E u. F	homogen	kleine, helle Flecken	kleine, helle Flecken
Paribar	homogen	große, helle Flecken	große, helle Flecken
Xant. G	homogen	große, helle Flecken u. Lunker	große, helle Flecken u. Lunker
Helios	helle Flecken, Rauhigkeiten	Rauhigkeiten helle Flecken	helle Flecken Rauhigkeiten
Xant. E u. F	spiegelnd, sehr gleichmäßig	spiegelnd, sehr gleichmäßig	spiegelnd, etwas porös
Paribar	spiegelnd, gleichmäßig	spiegelnd, gleichmäßig	spiegelnd, gleichmäßig
Xant. G	gleichmäßig gleichmäßig	matt, ungleichmäßig	matt, etwas porös ungleichmäßig
Helios	matt, porös ungleichmäßig	matt, porös ungleichmäßig	matt, porös ungleichmäßig

1 Oberfläche makroskopisch ohne Vorbehandlung

2 Oberfläche makroskopisch nach Erhitzen mit Spitzflamme.

Tab. 7

b) Volumveränderung bei Erwärmung und Abkühlung. Messungen hierüber wurden nach zwei Methoden ausgeführt. Die erste war die von Schubert angegebene und hatte folgende Versuchsanordnung: In einem elektrisch beheizten Wasserbade (siehe Abb. 14) wurde ein Pyknometer a

befestigt, das seitlich mit einer Steigröhre b (mit bekannter Weite und Millimeterskala) verbunden und oben mit einem Gummistopfen c mit Thermometer abgeschlossen war. Für die Wägungen diente eine analytische Waage.

Den Hauptversuchen gingen folgende Bestimmungen voraus: 1. Wägen des Pyknometers leer und trocken samt Steigröhre, Stopfen und Thermometer. 2. Bestimmung von Gewicht und Volumen der Versuchsmasse bei 20° C. Letzteres mittels Pyknometer (vgl. zweites Beispiel von Methode 2!), das in diesem Fall aus einem Glaskolben mit eingeschliffenem Glasstöpsel bestand. 3. Bestimmung der Ausdehnung des Pyknometers bei stufenweiser Erwärmung von je 10° C zwischen 20° und 60° C. Dazu wurde das Pyknometer mit destilliertem Wasser gefüllt, gewogen und im Wasserbad erwärmt. An der Millimeterskala konnte das Steigen der Wassersäule im Steigrohr abgelesen werden, was der Ausdehnung von Wasser + Pyknometer entsprach. Wie dann daraus die Ausdehnungswerte des Pyknometers berechnet wurden, soll folgendes Beispiel erläutern:

Gewicht von Pyknometer + Wasser	62,573 g
Gewicht von Pyknometer leer	43,208 g
Gewicht des Wassers	19,365 g
Vol. des Wassers bei 30° C: 19,365×1,0043 =	19,448 cm³
Vol. des Wassers bei 20° C: 19,365×1,0017 =	19,398 cm³
Ausdehnung des Wassers bei Erw. von 20° auf 30° C:	50 mm³
Das entspricht im Steigrohr: 50:7,5 =	6,6 mm
Tatsächlich am Steigrohr gemessene Gesamtausdehnung:	6,0 mm
Unterschied:	0,6 mm
Das entspricht: 7,5×0,6 ≈	5,0 mm³

Die Ausdehnung des Pyknometers bei Erwärmung von 20° auf 30° C beträgt also 5 mm³.

Will man nun die Fälschung des Ausdehnungswertes von Wasser, die durch die Ausdehnung des Pyknometers entsteht, beheben, so muß man zu der abgelesenen Zahl von Kubikmillimetern 5 mm³ addieren (siehe Abb. 15.). Für die andern Temperaturen sind die Berechnungen analog. Die Ergebnisse bei Abkühlung decken sich mit denen bei Erwärmung.

Die Hauptversuche wurden folgendermaßen ausgeführt: Das Pyknometer wurde mit Masse (deren Gewicht und Volumen nach Bestimmung 2. festgestellt war) und destilliertem Wasser gefüllt, wobei das Thermometer vom Stopfen in die Mitte der Masse eingeführt wurde, gewogen und im Wasserbad zwischen 20° und 60° C von 10° zu 10° C erwärmt und abgekühlt. Das Ablesen am Steigrohr und die Berechnung der Volumveränderung ging analog Bestimmung 3. vor sich. Folgendes Beispiel soll hiezu zur näheren Erläuterung dienen:

Gewicht von Pyknometer, Wasser und Masse:	68,024 g
Gewicht von Pyknometer leer:	43,208 g
Gewicht der Masse:	18,948 g
Gewicht des Wassers:	5,868 g
Vol. des Wassers bei 30° C: 5,868×1,0043 =	5,893 cm³
Vol. des Wassers bei 20° C: 5,868×1,0017 =	5,878 cm³
Ausdehnung des Wassers:	15 mm³
Am Steigrohr gemessene Gesamtausdehnung:	12 mm
Das entspricht: 12×7,5 =	90 mm³
Ausdehnung des Wassers:	15 mm³
Ausdehnung von Masse und Pyknometer:	75 mm³
Ausdehnung des Pyknometers:	5 mm³
Ausdehnung der Masse:	80 mm³

Umrechnung in Volumprozente:

Vol. der Masse bei 20° C:	134,01 mm³
1/1 Vol.% sind demnach:	134,01 mm³

Folglich entsprechen 80 mm³: 80:134,01 = 0,59 Vol.%

Umrechnung in lineare Ausdehnungsprozente:

1 lin. Ausdehnungs% entspricht 1/3 Vol.%

Folglich sind 0,59 Vol.%: 0,59:3 = 0,19 lin. Ausdehnungs%.

Die zweite Methode hatte folgende Versuchsvorrichtung: Einen Glaskolben mit genau eingeschliffenem Glasstöpsel, ein elektrisch beheiztes Wasserbad und eine analytische Waage.

Den Hauptversuchen gingen folgende Bestimmungen voraus: 1. Wägen des Glaskolbens mit Stöpsel leer und trocken. 2. Wägen der Versuchsmasse. 3. Bestimmung der Ausdehnung des Glaskolbens bei stufenweiser Erwärmung von je 10° zu 10° C zwischen 20° und 60° C. Dazu wurde der Glaskolben mit destilliertem Wasser gefüllt und ins Wasserbad gestellt, das zunächst die Temperatur von 20° C hatte. War diese Temperatur auch vom destilliertem Wasser erreicht, so wurde der Glasstöpsel so auf den Kolben gesetzt, daß keine Luft mit hinein geriet (siehe Abb. 16.) und das Ganze dann gewogen. Bei den andern Temperaturen wurde dasselbe Verfahren wiederholt. Die Berechnung der Ausdehnung des Kolbens aus den Ergebnissen daraus soll wieder ein Beispiel zeigen:

Gewicht von Glaskolben + Wasser von 20° C:	114,125 g
Gewicht von Glaskolben leer und trocken:	81,412 g
Gewicht des Wassers von 20° C:	32,713 g
Vol. des Wassers und damit Fassungsvermögen des Glaskolbens bei 20° C: 32,713×1,0017 =	32,768 cm³
Gewicht des Glaskolbens + Wasser von 30° C:	114,060 g
Gewicht des Glaskolbens leer und trocken:	81,412 g
Gewicht des Wassers von 30° C:	32,648 g

Vol. des Wassers und damit Fassungsvermögen des Glaskolbens bei 30° C: 32,648×1,0043 =	32,788 cm³
Fassungsvermögen des Glaskolbens bei 20° C:	32,768 cm³
Ausdehnung des Glaskolbens bei Erwärmung von 20° auf 30° C:	20 mm³

Die Ergebnisse beim Abkühlen waren dieselben wie beim Erwärmen.

Die Hauptversuche wurden analog Bestimmung 3. durchgeführt, nur daß zum destillierten Wasser noch die Versuchsmasse hinzukam. Art der Versuche und Berechnungen werden wieder am besten an einem Beispiel erläutert:

Gewicht von Glaskolben + Wasser + Masse von 20° C:	116,782 g
Gewicht von Glaskolben leer und trocken:	81,412 g
Gewicht der Masse:	8,641 g
Gewicht des Wassers von 20° C:	26,739 g
Vol. des Wassers von 20° C: 26,739×1,0017 =	26,784 cm³
Fassungsvermögen des Glaskolbens bei 20° C:	32,768 cm³
Vol. der Masse bei 20° C:	5,984 cm³
Gewicht von Glaskolben + Wasser + Masse von 30° C:	116,703 g
Gewicht von Glaskolben leer und trocken:	81,412 g
Gewicht der Masse:	8,641 g
Gewicht des Wassers von 30° C:	26,650 g
Vol. des Wassers von 30° C: 26,650×1,0043 =	26,764 cm³
Fassungsvermögen des Glaskolbens bei 30° C:	32,788 cm³
Vol. der Masse bei 30° C:	6,024 cm³
Vol der Masse bei 20° C:	5,984 cm³
Ausdehnung der Masse bei Erwärmung von 20° auf 30° C:	40 mm³

Die Umrechnung in Volumprozente und lineare Ausdehnungsprozente geht in derselben Weise vor sich wie bei der Pyknometermethode.

Um dem Verfahren Umständlichkeiten zu nehmen, wurden immer mehrere Massen gleichzeitig im Wasserbad gehalten (siehe Abb. 17.) und bei den entsprechenden Temperaturen der Reihe nach durchuntersucht. Das Wasserbad hielt sich lange auf derselben Temperatur, so daß Verzögerungen durch neues Aufheizen nicht vorkamen, und der Temperaturausgleich zwischen Wasserbad und Wasser im Kolben konnte dadurch beschleunigt werden, daß durch entsprechendes Mischen von kaltem und warmem dest. Wasser beim Einfüllen in den Kolben schon nahezu die gewünschte Temperatur erreicht wurde.

Es sei nun noch darauf hingewiesen, daß bei all diesen Messungen, auf größtmögliche Genauigkeit (analytische Waage usw.) geachtet werden muß, da die Volumveränderungen der Abdruckmassen an sich schon sehr gering sind. Sonst können Unterschiede bei den verschiedenen Temperaturen oder zwischen den einzelnen Massen nicht mehr genau festgestellt werden.

Aus Tab. 8 und Abb. 18 geht folgendes hervor: 1. Von den unbearbeiteten Massen (M_1) hat Paribar die geringste Volum-

veränderung, dann folgen Xantygen E und F, Xant. grün und Helios.

2. Mehrmaliges Kneten bewirkt bei Paribar, Xantygen E und F eine Zunahme der Volumveränderung. Bei Xantygen grün und Helios sind die Werte gleich wie im unbearbeiteten Zustand. Dies stimmt teilweise mit den Beobachtungen von Süß überein. Er hat die Kontraktion von Abdruckmassen zwischen zwei Objektträgern mikroskopisch gemessen. Auf die Fehlerquellen dieser Methode weist Schubert hin. Die Ergebnisse sind folgende:

Kontraktion in Volumprozenten:

	a) ungeknetete Massen:	b) geknetete Massen:
Kerr:	3,64	3,66
Paribar:	5,27	3,64
Stents:	3,99	5,70

Kerr dürfte etwa dem Xantygen grün entsprechen (vgl. Abschnitt e).

3. Ueberhitzen bewirkt bei allen Massen außer Xantygen E und F Abnahme der Volumveränderung. Kochen ebenfalls, und zwar bei allen Massen außer Xantygen F. Ueber die ursächlichen Momente, die für 2. und 3. in Frage kommen können, soll im Kapitel „Eigenschaftsänderungen und Stoffausfall" berichtet werden.

Zum Schluß sei noch erwähnt, daß die in dieser Arbeit aufgeführten Versuchsergebnisse mit denen von Schubert im wesentlichen übereinstimmen. Das soll folgendes Beispiel zeigen:

20° C	0	0
30	0,20	0,17
40	0,55	0,43
50	1,15	1,24
55		1,29
60	1,50	

Die SS White-Masse soll nach Schubert ungefähr die gleichen Ausdehnungswerte haben wie das Xantygen.

Xant. E M_1 SS White

Die Werte für Kerr grün sind nach Schubert folgende:

20° C	0,00
30	0,17
40	0,61
50	1,20

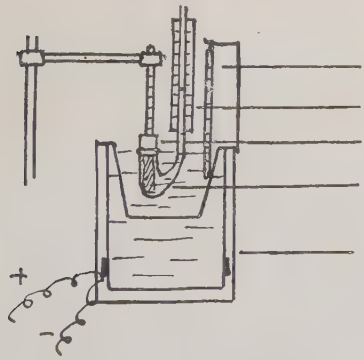
Demgegenüber hat Xantygen grün, das sonst etwa dem Kerr entspricht, höhere Werte.

	Paribar			Xantygen E			Xantygen F		
	M_3		M_5	M_3		M_4	M_3	M_4	
°C	M_1	M_2	M_4	M_1	M_2	M_5	M_1	M_2	M_5
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0,30	0,35	0,25	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
40	0,85	0,90	0,70	0,55	0,60	0,75	0,40	0,50	0,55
50	1,10	1,20	1,00	1,15	1,30	0,90	1,15	1,20	1,20
60	1,35	1,50	1,25	1,50	1,70	1,30	1,50	1,70	1,60
50	1,10	1,20	1,00	1,15	1,30	0,90	1,15	1,20	1,20
40	0,85	0,90	0,70	0,90	0,95	0,75	0,40	0,50	0,55
30	0,30	0,35	0,25	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	Xantygen G		Helios	
	M_3		M_3	
	M_2	M_5	M_2	M_5
°C	M_1	M_4	M_1	M_4
20	0	0	0	0
30	0,20	0,20	0,25	0,20
40	0,75	0,75	0,75	0,65
50	1,35	1,15	1,35	1,20
60	1,65	1,50	1,85	1,70
50	1,35	1,15	1,35	1,20
40	0,90	0,70	0,75	0,65
30	0,20	0,20	0,25	0,20
20	0	0	0	0

Tab. 8.

Volumveränderungen zwischen 20° und 60° C ausgedrückt in linearen Ausdehnungsprozenten.



a Pyknometer
b Steigröhre mit Millimeterskala
c Gummistopfen mit Thermometer
d Thermometer
e Wasserbad

Versuchsanordnung zur Bestimmung der Volumveränderung nach Methode 1.

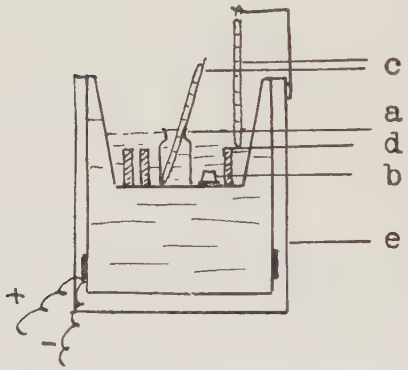
Abb. 14.

Verhalten der Wassersäule im Steigrohr bei Ausdehnung des Gefässes.

Abb. 15.

Aufsetzen des Stöpsels auf das mit Wasser und Masse gefüllte Gefäß.

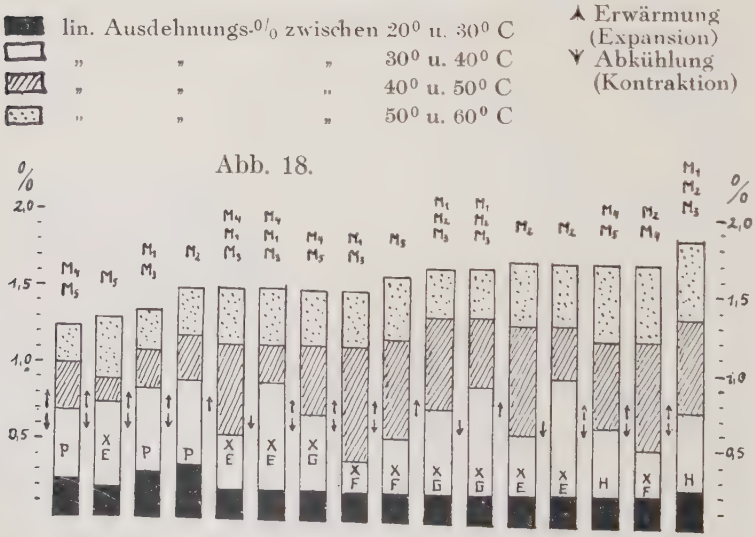
Abb. 16.



a Glaskolben
b Glasstöpsel
c Thermometer
d Versuchsmassen
e Wasserbad

Versuchsanordnung zur Bestimmung der Volumveränderung nach Methode 2.

Abb. 17.



3. Eigenschaftsänderungen und Stoffausfall bei den verschiedenen Bearbeitungsformen der Massen.

Tab. 9 und Abb. 19 enthalten die Gewichts- und Volumverhältnisse der Massen bei den verschiedenen Bearbeitungsformen. Der Einfachheit und besseren Uebersichtlichkeit halber wird die Deutung nicht hier im Text gebracht, sondern in Tab. 10 in kurzer Form in der Spalte „Gewicht und Volumen" angeführt. Zur Veranschaulichung der weiter unten angeführten Schlüsse und Vermutungen sind in derselben Tabelle noch die Veränderungen einiger Eigenschaften der Massen bei verschiedener Bearbeitung, ebenfalls in kurzer Form, aufgereiht. Das in der Spalte „sichtbare Ausscheidungen" Erwähnte wurde jeweils im Wasser, in dem die Massen bearbeitet wurden, beobachtet. Auf die Erklärung der Ausdrücke „Auftreibung" und „Schrumpfung", die in dem zu Abb. 19 gehörigen Text steht, sei hier auch noch aufmerksam gemacht. Die Auswertung der Tab. 10 ergibt folgende Schlüsse und Vermutungen:

1. Mehrmaliges K n e t e n bewirkt bei a l l e n M a s s e n Wasseraufnahme. Dies hat Zunahme der Plastizität zur Folge und, wenn das Wasser unter Auftreibung oder Schrumpfung der Masse aufgenommen wird, auch eine Zunahme der Volumveränderung. Es läßt sich vermuten, daß im letzteren Fall das Wasser von irgendwelchen Bestandteilen der Masse aufgenommen wird, was dann zu einer gewissen Veränderung derselben führt. Im andern Fall wird wohl eine einfache Einlagerung des Wassers erfolgen. Das aufgenommene Wasser wird, laut entsprechenden Proben, auch nach tagelangem Trocknen der Massen nicht wieder abgegeben.

2. Es ist zu vermuten, daß U e b e r h i t z u n g bei a l l e n M a s s e n eine gewisse Ueberdehnung bewirkt. Damit lassen sich folgende Erscheinungen erklären: Auftreibung (auch bei Erhitzen über offener Flamme, wo die Masse an einzelnen Stellen ja auch überhitzt wird), Zunahme der Plastizität, Abnahme der Volumveränderung (vgl. Gummiband, das nach Ueberdehnung schlaff ist und sich nicht mehr so stark zusammenziehen kann).

Wie Tab. 10. zeigt, gibt es jedoch Abweichungen davon. Es soll nun versucht werden, diese von Fall zu Fall zu erklären.

Das geknetete Xantygen F weist große Auftreibung, das über offener Flamme erwärmte geringe, das überhitzte wieder große mit

größerer Wasseraufnahme auf. Danach läßt sich vermuten, daß bei der überhitzten Masse der Hauptfaktor für die Auftreibung nicht die Ueberhitzung, sondern die Wasseraufnahme ist. Die überhitzte Masse wird daher wohl nur wenig überdehnt, das aufgenommene Wasser wirkt wie bei der gekneteten Masse, vielleicht durch die Hitze noch in verstärktem Maße, im Sinne einer Erhöhung der Plastizität und der Volumveränderung. Beim Kochen findet größere Wasseraufnahme und Schrumpfung statt. Vermutlich fallen hier die Stoffe zu einem größeren Teil aus, die die Auftreibung bedingt haben. Es werden, aus dem Rückgang der Plastizität und der wachsartigen Beschaffenheit der Abscheidung zu schließen, wohl die Weichmachungsstoffe sein.

Das geknetete Xantygen E weist geringe Auftreibung, das über offener Flamme erwärmte größere, das überhitzte ebenfalls größere auf. Plastizität und Volumveränderung werden davon jedoch nicht beeinflußt. Eine Erhöhung der Plastizität macht wohl der geringe Ausfall von Weichmachungsstoffen (s. Tab 10.: geringe wachsartige Abscheidung) wieder rückgängig. Einer Abnahme der Volumveränderung wirkt offenbar die geringe Wasseraufnahme, die wie bei der gekneteten Masse im Sinne einer Zunahme der Volumveränderung wirkt, entgegen. Die starke Abnahme der Plastizität bei der gekochten Masse ist auf den großen Ausfall von Weichmachungsmitteln (s. Tab. 10.: ziemlich große wachsartige Abscheidung, Abnahme der Feinheitenwiedergabe) zurückzuführen.

Die Stoffe, die bei dem gekochten Xantygen grün in verhältnismäßig großer Menge ausfallen, haben als Weichmachungsstoffe vermutlich nur eine beschränkte Funktion (X. g. ist ja auch ziemlich zäh). Das zeigt die verhältnismäßig geringe Abnahme der Plastizität der gekochten im Vergleich zur überhitzten Masse.

Zum Schluß dieses Kapitels seien nun noch auf Grund aller vorliegenden Versuchsergebnisse zusammenfassend Betrachtungen über Ausfall von Stoffen und Art dieser Stoffe bei den einzelnen Bearbeitungsformen der Massen angestellt. Bei mehrmaligem Kneten findet nur Wasseraufnahme, kein Stoffausfall statt. Bei Erhitzen über offener Flamme dürften wohl kleine Teile durch Verbrennung ausfallen, was jedoch die Eigenschaften der Massen im ganzen nicht beeinträchtigt. Bei Paribar handelt es sich dabei vielleicht, der Zunahme der Klebkraft nach zu schließen, um Füllstoffe (Talkum u. dgl.). Wird die Erhitzung zu weit getrieben, so ist zu vermuten, daß sich Stoffausfall und Aenderung der Eigenschaften wie bei den überhitzten und gekochten Massen einstellen. Eine Andeutung davon ist vielleicht die Zunahme der Plastizität bei Helios, das über offener Flamme erwärmt wurde. Ueberhitzung bewirkt bei Helios keinen oder wenigstens in Beziehung auf Eigenschaftsänderungen keinen bedeutenden Ausfall von Stoffen. Bei Paribar dürften wieder Füllstoffe ausfallen (Zunahme der Klebkraft), jedoch hat dies

auf alle Eigenschaften mit Ausnahme der Klebkraft keinen Einfluß. Xantygen F weist einen geringen Ausfall von vermutlich Weichmachungsstoffen auf (wachsartige Abscheidung). Dies ist aber auch ohne Bedeutung für alle seine Eigenschaften. Bei Xantygen E fallen ebenfalls geringe Mengen von Weichmachungsstoffen aus (wachsartige Abscheidung), was hier jedoch eine Erhöhung der Plastizität verhindert, außerdem wahrscheinlich noch Füllstoffe (Zunahme der Klebkraft). Der Stoffausfall bei Xantygen grün verändert seine Oberflächenbeschaffenheit ziemlich (siehe Abschn. e). Es wird sich dabei wohl um eine Art von Weichmachungsstoffen handeln (ölige Abscheidung, Rückgang der Plastizität nachher bei der gekochten Masse), deren hauptsächliche Funktion jedoch weniger das Weichmachen der Masse als vielmehr die Bildung einer gleichmäßigen Oberfläche sein wird (vgl. oben!). Kochen schafft bei Helios und Paribar dieselben Verhältnisse wie Ueberhitzung, das heißt, es findet kein wesentlicher Ausfall von Stoffen statt. Die gelbliche Trübung des Kochwassers bei Paribar könnte als weiterer Beweis für einen geringen Ausfall von Füllstoffen gewertet werden. Bei Xantygen F fällt wohl ein größerer Teil der Weichmachungsstoffe aus, was sich bei der Plastizität und der Volumveränderung bemerkbar macht. Xantygen E weist dieselben Verhältnisse auf wie bei Ueberhitzung, nur in stärkerem Maß (Ausfall von Weichmachungs- und Füllstoffen). Bei Xantygen grün ist ein ziemlich großer Stoffausfall zu verzeichnen, was sich besonders in seiner Oberflächenbeschaffenheit bemerkbar macht (siehe Tab. 7). Ueber die Art der betreffenden Stoffe gilt wohl dasselbe, was oben unter Ueberhitzung darüber gesagt wurde.

	HM_2	PM_2	XGM_2	XEM_2	XFM_2
1	0,035	0,020	0,030	0,040	0,025
2	0,035	0,005	0,030	0,045	0,040

	HM_3	PM_3	XGM_3	XEM_3	XFM_3
1	0,001	0,001	0,001	-0,001	-0,005
2	0,015	0,020	0,015	0,001	-0,002

	HM_4	PM_4	XGM_4	XEM_4	XFM_4
1	0,010	0,005	0,005	0,005	0,010
2	0,030	0,020	0,015	0,025	0,045

1 Gewichtszunahme (ohne Vorzeichen) und -abnahme (Vorz. —) in cm_3 pro g Ausgangsmasse M_1.

2 Volumzunahme (ohne Vorzeichen) und -abnahme (Vorz. —) in g pro g Ausgangsmasse M_1.

Tab. 9.

	HM_5	PM_5	XGM_5	XEM_5	XFM_5
1	0,001	0,025	-0,005	-0,005	0,015
2	0,002	0,050	0,005	0,015	0,010

Tab. 9.

Gewichts- und Volumzunahme und -abnahme bei verschiedener Bearbeitung der Massen.

Beispiel: 1g HM_1 nimmt demnach bei mehrmaligem Kneten an Gewicht um 0,035 g und an Volumen um 0,035 cm_3 zu.

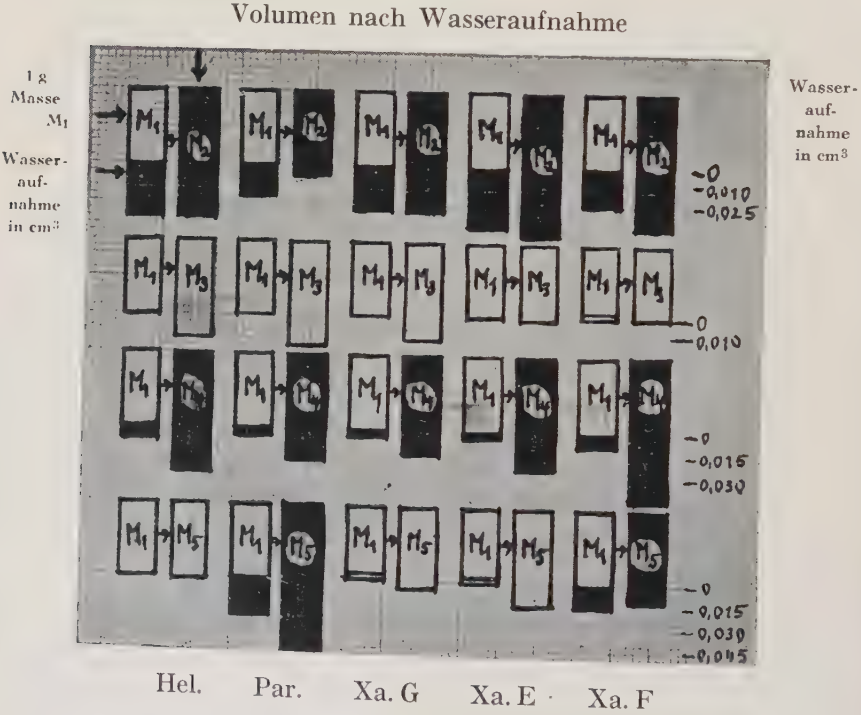


Abb. 19.

Volumverhältnisse der verschiedenen Bearbeitungsformen der Massen.

Erklärung der Ausdrücke „Auftreibung" und „Schrumpfung":

Auftreibung = a) ohne Wasseraufnahme:
Volumen der bearbeiteten Masse größer als das der unbearbeiteten.

Auftreibung = b) mit Wasseraufnahme:
Volumen der bearbeiteten Masse
größer als Volumen der unbearbeiteten
Masse + Vol. des aufgenommenen Wassers.

Schrumpfung = a) ohne Wasseraufnahme:
Volumen der bearbeiteten Masse
kleiner als das der unbearbeiteten.
b) mit Wasseraufnahme:
Volumen der bearbeiteten Masse
kleiner als Volumen der unbearbeiteten
Masse + Vol. des aufgenommenen Wassers.

Hieher Tabelle 10 von Seite 38.

B. Praktische Auswertung der Versuchsergebnisse.

In diesem Kapitel sollen die Versuchsergebnisse zusammenfassend im Hinblick auf Verarbeitung und Anwendungsbereich der einzelnen Massen gewertet werden. Außerdem soll auf Sterilisier- bzw. Desinfizierfähigkeit eingegangen werden, sowie auch auf Gebrauchsanweisung und Handelsform. Zunächst einiges über das K e i m f r e i m a c h e n von Abdruckmassen. Um eine Masse mehrmals gebrauchsfähig zu machen, ist es notwendig, daß sie sterilisiert oder desinfiziert wird. Unter Sterilisation ist die Vernichtung aller Keime zu verstehen, unter Desinfektion das Unschädlichmachen pathogener Keime. Soll das Verfahren wirtschaftlich sein, so muß dies auf möglichst einfache und billige Weise geschehen. In der Literatur sind drei Methoden angegeben, die dafür in Frage kommen. Die erste ist die fraktionierte oder Trockensterilisation. Hierbei wird die höchstzulässige Erweichungstemperatur der Masse nicht überschritten. Der ganze Vorgang ist aber zeitraubend und deshalb teuer (vgl. F a l c k!). Die zweite ist die Naßdesinfektion in kochendem Wasser oder in bestimmten Lösungen. Ein absolutes Keimfreimachen (Sterilisieren) gelingt damit nicht, jedoch werden, wie S c h u b e r t angibt, Staphylokokken, Sporen und Sporenbildner in 15 Minuten abgetötet. Praktisch genügt diese Desinfektion wohl (vgl. F a l c k!). Die dritte ist die einfache 24stündige Lufttrocknung. Danach soll, wie S c h u b e r t angibt, die Oberfläche der Masse keimfrei sein. Bei allen drei Methoden ist es noch unbestimmt,

Fortsetzung siehe Seite 39.

Tabelle 10.

		Gewicht und Volumen	Plastizität	Vol.-verä.	Klebkraft	Abdruckschärfe	Strukturveränderung	sichtbare Abscheidungen
Gekochte Massen	Helios	Geringe Wasseraufnahme unter Schrumpfung	Zunahme	Abnahme		laut Abschn. d) Tab. 5. kein Ausfall von Weichmachungsstoffen	keine	keine
	Paribar	Größere Wasseraufnahme unter Auftreibung	Zunahme	Abnahme	Zunahme		keine wesentl.	Kochwasser wird gelblich
	Xant. F	Größere Wasseraufnahme unter Schrumpfung	Abnahme	geringe Zunahme			stärkere	wachsartig, ziemlich viel
	Xant. E	Geringe Gewichtsabnahme unter Auftreibung	Abnahme	Abnahme	Zunahme	Ausfall von Weichmachungsst.	„	wachsartig, ziemlich viel
	Xant G		geringe Abnahme	Abnahme			starke	ölig. Am oberen Gefäßrand hartglänzende, grüne Schicht. Viel
Überhitzte Massen	Helios, Paribar, Xant.G, Xant.E	Geringe Wasseraufnahme unter Auftreibung	Zunahme	Abnahme	Zunahme		k. wesentl.	keine
							„	„
							stärkere	ölig, gering
	Xant.F	Größere Wasseraufnahme unter Auftreibung	Zunahme	Zunahme			geringe	wachsartig, gering
							„	„ „
Über o. Flamme erhitzte Massen	Helios	Gewicht praktisch unverändert, Auftreibung	Zunahme					
	Paribar, Xant.E, Xant.G	Auftreibung			Zunahme			
	Xant.F	Geringe Auftreibung						
Mehrmals geknetete Massen	Helios, Xant G	Wasseraufnahme ohne Massenveränderung	Zunahme	gleich wie M_1				
	Paribar	unter Schrumpfung	„	Zunahme				
	Xant.E	unter geringer Auftreibung	„	„				
	Xant.F	unter großer Auftreibung	„	„				

wie tief in die Masse hinein die Keimtötung wirksam ist. Es wäre überhaupt erst noch festzustellen, ob Speisereste, Speichel und dergleichen und damit Keime in die Masse einzudringen vermögen. Im folgenden soll nur die Desinfizierbarkeit der Massen durch kochendes Wasser betrachtet werden. Nach den beiden anderen Methoden lassen sich, wenn überhaupt, alle Massen desinfizieren, da hierbei keine Ueberhitzung nötig ist.

A. Allgemeine Auswertung.

1. Bei sämtlichen hier untersuchten Massen liegt die Zone der geringsten Wärmeleitfähigkeit noch im Bereich des plastischen Zustandes. Die Abkühlung geht also hier langsamer vor sich als in den andern Zonen, und außerdem um so langsamer, je geringer der Temperaturunterschied zwischen der Masse und kühlender Umgebung ist. Wenn es sich nicht gerade um einen Situationsabdruck eines bezahnten Kiefers handelt, wo die Masse niemals ganz erstarren darf, erfordert dies praktisch gute Kühlung bei allen Massen und bei denen ganz besonders, wo die betreffende Zone in einem tiefen Temperaturabschnitt liegt (Paribar). Würde die Zone allgemein in einem höheren Temperaturabschnitt liegen (z. B. 55°—50° C), so wäre eine bessere Anpassung an die Form zu erwarten, da dann ein günstiger Plastizitätsgrad längere Zeit erhalten bliebe. Die Tatsache, daß bei Erwärmung die gleichen Verhältnisse herrschen wie bei Abkühlung, macht es erforderlich, daß die Massen vor Gebrauch genügend lange und gleichmäßig im Wasserbad erwärmt werden. Nur so ist eine gleichmäßige Erweichung gewährleistet. Beim Abnehmen der Massen vom Gipsmodell ist dies ebenfalls zu beachten!

2. Erhitzen über offener Flamme ist für alle Massen ohne Nachteile, vorausgesetzt, daß dies vorsichtig geschieht. Dabei muß vor allem ein direktes Berühren von Flamme und Masse vermieden werden. Die Masse soll erwärmt, jedoch nicht angebrannt und nicht überhitzt werden.

3. Längeres und mehrmaliges Kneten bewirkt bei allen Massen eine Zunahme der Plastizität. Das Wasser, was hierbei aufgenommen wird, wird selbst bei mehrtägigem Trocknen nicht wieder abgegeben. Ein Rissigwerden oder dergleichen ist ebenfalls nicht zu beobachten. Es ist also ein sofortiges Ausgießen der Abdrücke nicht unbedingt erforderlich (im Gegen-

satz zu Guttaperchaabdrücken, die Wasser abgeben und rissig werden).

4. Für Okklusionsabdrücke, Schlüsselstückabdrücke, Bisswälle usw. sind alle Massen zu verwenden.

B. Besondere Auswertung.

Bei Helios können folgende Eigenschaften als nachteilig bezeichnet werden: Der ungleichmäßige Verlauf der Plastizität bei Abkühlung und Erwärmung, die verhältnismäßig grobe Struktur, die verhältnismäßig große Volumveränderung. Als vorteilhaft folgende: Die geringe Klebkraft, die große Plastizität, das Gleichbleiben der Volumveränderung nach mehrmaligem Kneten, die Abnahme der Volumveränderung und die nicht nachteilige Veränderung oder das Gleichbleiben der andern Eigenschaften bei Ueberhitzen und Kochen. Für die Verarbeitung ist folgendes wichtig: Da die Volumveränderung zwischen 50° und 60° C ziemlich groß ist, kann die Gesamtvolumveränderung dadurch beträchtlich herabgesetzt werden, daß der Abdruck statt bei 60° C bei 50° C genommen wird. Die Plastizität ist bei dieser Temperatur schon vollkommen ausreichend. Die in der Gebrauchsanweisung angegebene Verarbeitungstemperatur von 65° C ist zu hoch. Eine weitere Verminderung der Volumveränderung kann man, ohne daß dabei die andern Eigenschaften leiden, dadurch erzielen, daß man die Masse überhitzt oder kocht. Beim Ablösen vom Gipsmodell ist eine Temperatur von 50°—55° C ausreichend. Anwendungsbereich der Masse ist: Okklusionsabdruck, Schlüsselstückabdruck, Schachtelabdruck, Situationsabdruck. Für den Funktionsabdruck ist sie ungeeignet (Struktur, Oberfläche). Handelsform der Masse sind viereckige Platten, die den Nachteil haben, daß sie schwer und nicht splitterfrei zu brechen sind. Zur Desinfektion in kochendem Wasser ist die Masse geeignet, da sich ihre Eigenschaften dadurch im ganzen nicht verschlechtern.

Bei Paribar können folgende Eigenschaften als nachteilig bezeichnet werden: Die geringe Abkühlungsgeschwindigkeit, der bis zu Mundtemperatur herabreichende Erstarrungspunkt. Als vorteilhaft folgende: Die feine Struktur, die gleichmäßige Oberflächenbeschaffenheit, die geringe Klebkraft bei der Verarbeitungstemperatur, die geringe Volumveränderung, die Zunahme der Plastizität und der Abkühlungsge-

schwindigkeit und die Abnahme der Volumveränderung bei Ueberhitzen und Kochen. Für die Verarbeitung ist folgendes wichtig: Die geringe Abkühlungsgeschwindigkeit und der tiefe Erstarrungspunkt erfordern ausgiebige und tiefe Kühlung des Abdrucks (Eiswasser), vorausgesetzt, daß es kein Situationsabdruck eines bezahnten Kiefers ist. Um Genauigkeitsfehler, die durch die Elastizität der Masse bedingt sind, so weit wie möglich auszuschalten, muß der Abdruck unter länger dauerndem, gleichmäßigem Druck genommen werden. Falsch ist es hiebei, den Abdruck kurz stark anzudrücken und hernach den Druck nachzulassen oder gar durch Lagewechsel der Finger oder der Hand einige Zeit zu unterbrechen. Die in der Gebrauchsanweisung angegebene Verarbeitungstemperatur von 65° C dürfte für den Abdruck im Mund wohl zu hoch sein. Ueberhitzen der Masse wirkt sich nicht nachteilig aus. Beim Ablösen vom Gipsmodell muß genügend lange erwärmt werden. Eine Temperatur von 55° C reicht aus. Anwendungsbereich der Masse ist: Sämtliche Bearbeitungsformen für Funktionsabdruck, frische und über offener Flamme erwärmte Masse für Kavitäten- und Stumpfabdruck. Für Situationsabdruck bei bezahntem Kiefer ist die Masse besonders geeignet, da hierbei der tiefe Erstarrungspunkt und die Elastizität von Vorteil sind. Handelsform der Masse sind viereckige Platten, die durch Kerben in drei gleiche Teile geteilt sind. Letztere lassen sich leicht und splitterfrei abbrechen. Zur Desinfektion in kochendem Wasser ist die Masse geeignet, da sich ihre Eigenschaften dadurch im ganzen nicht verschlechtern.

Bei Xantygen E können folgende Eigenschaften als nachteilig bezeichnet werden: Die verhältnismäßig große Klebkraft, die verhältnismäßig große Zunahme der Volumveränderung nach mehrmaligem Kneten. Als vorteilhaft folgende: Die mittlere Abkühlungsgeschwindigkeit, die verhältnismäßig große Plastizität und deren gleichmäßige Abnahme beim Abkühlen, die feine Struktur, die gleichmäßige Oberflächenbeschaffenheit, die Zunahme der Plastizität nach mehrmaligem Kneten, die geringe Volumveränderung. Für die Verarbeitung ist folgendes wichtig: Wegen der großen Klebkraft soll die Masse unter 60° C verarbeitet werden. Dies hat außerdem noch den Vorteil, daß dann die Gesamtvolumveränderung etwas geringer ist. Die Gebrauchsanweisung schreibt

eine Verarbeitungstemperatur von 55°—60° C vor. Ueberhitzen bringt, wenn es nicht in zu starkem Maß geschieht, keine großen Nachteile. Es ist jedoch, wenn Wert auf größte Genauigkeit gelegt wird, zu vermeiden, da die Struktur dabei doch eine Veränderung erfährt. Beim Ablösen vom Gipsmodell ist eine Temperatur von 50° C vollkommen ausreichend. Bei höherer Temperatur bleiben leicht Teile der Masse oder ein Film von Weichmachungsstoffen am Gips hängen. Anwendungsbereich der Masse ist: Alle Bearbeitungsformen außer der gekochten Masse für Funktionsabdruck. Außerdem für Situationsabdruck usw. Wegen der großen Klebkraft auch gut für Bißwälle auf Bißschablonen. Handelsform der Masse sind runde, sehr handliche Platten. Zur Desinfektion in kochendem Wasser ist die Masse nicht geeignet, da dadurch ihre Eigenschaften leiden.

Bei Xantygen F kann dasselbe wie bei Xantygen E als nachteilig und vorteilhaft bezeichnet werden. Eine Verbesserung gegenüber X. E bedeutet die größere Plastizität. Dies verleiht der Masse zusammen mit der gleichmäßigen Oberflächenbeschaffenheit nach Behandlung mit der Spitzflamme eine große Geschmeidigkeit. Für die Verarbeitung ist folgendes wichtig: Wegen der großen Klebkraft soll die Masse etwa bei 50° C verarbeitet werden. Dies hat außerdem noch den Vorteil, daß die Zunahme der Volumveränderung, die nach mehrmaligem Kneten oder nach Ueberhitzen auftritt, wieder rückgängig gemacht werden kann, da sie ja erst zwischen 50° und 60° C einsetzt. Betreffs Gebrauchsanweisung, Ueberhitzen und Ablösen vom Gipsmodell gilt dasselbe wie für X. E. Anwendungsbereich ist: Alle Bearbeitungsformen außer der gekochten Masse infolge der großen Geschmeidigkeit sehr gut für Funktionsabdruck. Im übrigen dasselbe wie bei X. E. Betreffs Handelsform und Desinfektion gilt dasselbe wie für Xantygen E.

Bei Xantygen grün kann die im Hinblick auf den Anwendungsbereich verhältnismäßig große Volumveränderung als nachteilig bezeichnet werden. Als vorteilhaft können folgende Eigenschaften bezeichnet werden: Die verhältnismäßig große Abkühlungsgeschwindigkeit, die gleichmäßige Abnahme der Plastizität beim Abkühlen, die feine Struktur, die Zunahme der Plastizität nach mehrmaligem Kneten. Für die Verarbeitung ist folgendes wichtig: Die

Masse soll unterhalb 60° C verarbeitet werden, weil sich sonst Strukturänderungen und die Klebkraft unangenehm bemerkbar machen. Die Gebrauchsanweisung weist darauf auch hin. Ueberhitzen, besonders über offener Flamme, ist zu vermeiden. Da nach mehrmaligem Kneten die Plastizität beträchtlich erhöht ist, wird man sich dies zweckmäßig zunutze machen. Beim Ablösen vom Gipsmodell ist eine Temperatur von 50° bis 55° C ausreichend.

Anwendungsbereich der Masse ist: Geknetete Masse für Zahnkavitäten- und Zahnstumpfabdrücke und für die Randgestaltung beim Funktionsabdruck.

Handelsform sind kantige, geschickt zu handhabende Stangen. Zur Desinfektion in kochendem Wasser ist die Masse nicht geeignet, da dadurch ihre Struktur ziemlich stark leidet.

Abschließend möchte ich noch auf die Bedeutung der warmplastischen Abdruckmassen im Hinblick auf den Vierjahresplan hinweisen. Dabei verdient zum Beispiel die Masse Xantygen F besondere Beachtung. Sie ist vermutlich schon weitgehend oder vielleicht auch ganz aus einheimischen Rohstoffen hergestellt und kann, hauptsächlich was ihre Verwendung für den Funktionsabdruck anbelangt, wohl jeder ausländischen Masse an die Seite gestellt werden. Vorausgesetzt allerdings, daß sie richtig verarbeitet wird und nicht in kochendem Wasser desinfiziert werden soll.

München, am 7. Juni 1939.

Mein Lebenslauf

Ich bin am 15. April 1915 als Sohn des Dentisten August Sigrist und seiner Ehefrau Mariska geb. Körtelessy, Dentistin, in Freudenstadt geboren. Mit dem sechsten Lebensjahr kam ich in die Grundschule in Freudenstadt. Im Alter von 10 Jahren trat ich in das Realgymnasium Freudenstadt ein. Am 20. Juli 1932 trat ich in die Hitler-Jugend ein. Ende Februar 1935 bestand ich die Reifeprüfung am Realgymnasium Freudenstadt. Vom 1. April bis 1. Oktober 1935 leistete ich meinen Arbeitsdienst ab (Lager Mössingen, später Lager Walxheim). Im Herbst 1935 begann ich an der Universität Tübingen das Studium der Zahnheilkunde. Im Sommersemester 1937 legte ich dort die zahnärztliche Vorprüfung ab. Das 5. bis 8. Semester studierte ich an der Universität München, wo ich dann auch im Frühjahr 1939 die zahnärztliche Schlußprüfung ablegte.

Hans Sigrist.